

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LOS
SUELOS BAJO *CECROPIA* Y ECONOMÍA DE SUS HOJAS EN BOSQUES DE
DIFERENTES EDADES DENTRO DEL ECOSISTEMA HÚMEDO TROPICAL
DEL ECUADOR**

JULIO ADRIAN AULES TIPÁN

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE: el trabajo de investigación titulado “ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LOS SUELOS BAJO *CECROPIA* Y ECONOMÍA DE SUS HOJAS EN BOSQUES DE DIFERENTES EDADES DENTRO DEL ECOSISTEMA HÚMEDO TROPICAL DEL ECUADOR”, De responsabilidad del Sr. Egresado Julio Adrian Aules Tipán, ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

ING. Franklin Arcos T.

DIRECTOR

ING. Fernando Romero C.

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

A mi querida e inigualable madre **MARÍA SILVIA TIPÁN CÓNDOR**, quien con su amor, sabiduría y perseverancia ha hecho de mí una persona de bien y ha sido el pilar fundamental para alcanzar mis objetivos.

A mi padre **JOSÉ JOAQUÍN AULES PÉREZ**, quien con su cariño, fortaleza y humildad ha inculcado en mí los buenos valores, la responsabilidad y los deseos de alcanzar grandes cosas.

A mi única hermana **JADIRA CECIBEL AULES TIPÁN**, quien con su amor y cariño formó parte de mi gran objetivo.

AGRADECIMIENTO

A **mi DIOS**, por haberme dado la oportunidad de vivir, por fortalecer mi corazón cuando más lo necesito, por iluminar mi mente cuando los problemas caen y sobre todo por haber puesto en mi camino personas únicas e incomparables.

A mis padres y hermana que nunca me fallaron.

A mi adorable familia, especialmente a mis abuelitos y tíos que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos apoyándome incondicionalmente.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE RECURSOS NATURALES, ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, por su acogida e inigualable formación académica.

A mi Tribunal de Tesis: Ing. Franklin Arcos, Director y al Ing. Fernando Romero, Miembro, quienes amablemente me apoyaron para la realización de esta investigación.

Al Dr. Brian McLaren de la Universidad de Lakehead – Canadá quién con sus conocimientos, experiencias y sabiduría ayudó al perfeccionamiento de la presente tesis.

Al Gobierno de Canadá – Programa Descubriendo de la Fundación de Investigación en Ciencias Naturales e Ingeniería NSERC-CRSNG y la ESPOCH, que aportaron económicamente en su totalidad para el cumplimiento de esta tesis.

Al Ing. Jorge Caranqui quién colaboró en el trazado de transectos y a los guías en cada sitio: Pastaza: Benjamín Robayo (empleador Espoch), Río Palenque: Freddy Villao (coordinador científico), Shushufindi: Patricio Hermida (coordinador científico) y Jhonathan Fernández (empleador Incinerox), sin los guías el trabajo no habría sido factible.

A mis amigos y compañeros de la ESPOCH, quienes me han permitido formar parte de su vida y compartir gratos momentos, gracias de todo corazón.

TABLA DE CONTENIDOS

	PAG.
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE GRÁFICOS	v
LISTA DE FOTOS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii

CAPÍTULO

I.	TÍTULO.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
VI.	CONCLUSIONES.....	84
VII.	RECOMENDACIONES.....	85
VIII.	ABSTRACTO.....	86
IX.	SUMMARY.....	87
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	88
XI.	ANEXOS.....	93

LISTA DE CUADROS

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Esquema y distribución de los lugares, bosque y árbol	20
2	Tratamientos en estudio	21
3	Características físicas y pH de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	28
4	Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte O de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	30
5	Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte A de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	31
6	Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte C de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	32
7	Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	33
8	Análisis de varianza según el contenido de fósforo del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	35
9	Análisis de varianza según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	36
10	Prueba de Tukey al 5% entre lugares según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	37
11	Prueba de Tukey al 5% entre bosques según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	38
12	Análisis de varianza según el contenido de magnesio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	40
13	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	41
14	Análisis de varianza según el contenido de materia orgánica del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	42
15	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de materia orgánica del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	43

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
16	Análisis de varianza según la relación C/N del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	44
17	Prueba de Tukey al 5% según la relación C/N del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	44
18	Análisis de varianza según el porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	46
19	Prueba de Tukey al 5% según el porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	46
20	Datos de carbono orgánico obtenidos en el análisis químico del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	48
21	Análisis de varianza según el contenido de carbono acumulado en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	49
22	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de carbono acumulado en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	50
23	Datos obtenidos en el análisis químico del suelo incubado del horizonte O de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	52
24	Datos de nitrógeno inicial y nitrógeno mineralizado del horizonte orgánico de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	53
25	Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	54
26	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	54
27	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	55
28	Análisis de varianza según el contenido de fósforo en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	56
29	Análisis de varianza según el contenido de potasio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	58
30	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de potasio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	58

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
31	Análisis de varianza según el contenido de magnesio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	60
32	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	60
33	Análisis de varianza según el contenido de materia orgánica en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	62
34	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de materia orgánica en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	62
35	Análisis de varianza según la relación C/N en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	64
36	Prueba de Tukey al 5% según la relación C/N en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales	64
37	Datos obtenidos en el análisis químico de hojas secas y descompuestas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	66
38	Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	67
39	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	68
40	Análisis de varianza según el contenido de fósforo en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	69
41	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de fósforo en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	70
42	Análisis de varianza según el contenido de potasio en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	71
43	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de potasio en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	72
44	Análisis de varianza según el contenido de calcio en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	73
45	Análisis de varianza según el contenido de magnesio en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	75

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
46	Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio en las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	76
47	Análisis de varianza según el área específica de las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	77
48	Prueba de Tukey al 5% según el área específica de las hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	78
49	Matriz de correlación/coeficientes entre suelos y hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales	81
50	Matriz de correlación/probabilidades entre suelos y hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales	81

LISTA DE GRÁFICOS

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Contenido de nitrógeno entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	34
2	Contenido de fósforo entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	35
3	Contenido de potasio entre lugares en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	37
4	Contenido de potasio entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	38
5	Contenido de calcio entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	39
6	Contenido de magnesio entre lugares en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	41
7	Contenido de materia orgánica entre lugares en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	43
8	Relación carbono/nitrógeno entre lugares en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	45
9	Porcentaje de humedad entre lugares en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	47
10	Carbono acumulado entre lugares en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	50
11	Contenido nutrimental de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	51
12	Contenido de nitrógeno incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	55
13	Contenido de nitrógeno incubado considerando la edad del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	55
14	Contenido de fósforo incubado considerando la edad del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	57

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
15	Contenido de potasio incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	59
16	Contenido de magnesio incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	61
17	Contenido de materia orgánica incubada considerando el lugar en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	63
18	Relación carbono/nitrógeno luego de incubar el horizonte O considerando el lugar en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	65
19	Contenido de nitrógeno en g/kg en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	68
20	Contenido de fósforo en g/kg en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	70
21	Contenido de potasio en g/kg en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	72
22	Contenido de calcio en g/kg en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	74
23	Contenido de magnesio en g/kg en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	76
24	Área específica en g/cm ² en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	78
25	Área específica en g/cm ² en las hojas de <i>Cecropia</i> considerando la edad en los bosques húmedos tropicales del Ecuador	78
26	Relaciones entre el suelo y hojas de <i>Cecropia</i> de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	80

LISTA DE FOTOS

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Selección del lugar de estudio	22
2	Descripción física y toma de muestras del suelo	23
3	Muestras de hojas	23
4	Muestras de suelo	23
5	Preparación de muestras de suelo	24
6	Determinación de humedad del suelo	25
7	Incubación del horizonte orgánico	25
8	Determinación del área de la hoja con ImageJ	26
9	Ecuador – bosque húmedo tropical	29

LISTA DE ANEXOS

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Escala e interpretación del pH	93
2	Tabla de interpretación de contenido de microelementos en hojas	93
3	Medias de carbono y concentraciones de nutrientes en follaje y madera de 10 bosques secundarios (SF) de pasturas degradadas en la Amazonia central, Brasil	94
4	Carbono orgánico total en t/ha de la superficie del suelo (0 -10 cm de profundidad) de cada sitio. Medias para los tipos de uso del suelo que tienen la misma letra superíndice no difieren significativamente entre sí en $P = 0,05$	94
5	Inicial y 7 días después del N-mineralización y nitrificación, resultados para cuatro tipos usos del suelo, cada uno con tres sitios replicados	95
6	Carbono y contenido de nutrientes en diferentes tipos de uso del suelo en Brasil	95
7	Total de nutrientes en el suelo en kg/ha en diferentes coberturas vegetales en la zona Andina de Colombia	96
8	Tabla de interpretación de contenido de materia orgánica en el suelo	96
9	Tabla de interpretación de contenido de nitrógeno en el suelo	97
10	Tabla de interpretación de contenido de fósforo en el suelo	97
11	Tabla de interpretación de contenido de potasio en el suelo	97
12	Tabla de interpretación de contenido de calcio en el suelo	97
13	Tabla de interpretación de contenido de magnesio en el suelo	98
14	Tabla de interpretación de la relación C/N en el suelo	98
15	Nutrientes en el suelo en bosque maduro y secundario de los bosques húmedos tropicales del Ecuador	98
16	Mineralización del nitrógeno inicial y a 7 días en bosque maduro y secundario	99
17	Medias del proceso de incubación del suelo: inicial y a 7 días en bosque maduro y secundario	99

N.-	DESCRIPCIÓN	PAG.
18	Nutrientes en las hojas de <i>Cecropia</i> en bosque maduro y secundario	99
19	Área total de las hojas de <i>Cecropia</i> y medias de acuerdo al lugar de establecimiento y edad del bosque	100
20	Nutrientes, carbono acumulado, porcentaje de humedad y materia orgánica en los suelos de diferentes lugares del Ecuador con bosque húmedo tropical	100
21	Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Pastaza	101
22	Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi	102
23	Transecto 2 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi	103
24	Transecto 3 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi	104
25	Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Río Palenque	105

I. ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LOS SUELOS BAJO *CECROPIA* Y ECONOMÍA DE SUS HOJAS EN BOSQUES DE DIFERENTES EDADES DENTRO DEL ECOSISTEMA HÚMEDO TROPICAL DEL ECUADOR

II. INTRODUCCIÓN

La selva amazónica es la selva tropical más extensa del mundo y la más amenazada también, en los últimos 40 años la tasa de deforestación se ha incrementado, en consecuencia, se ha perdido mucha de su superficie y su desaparición agrava el calentamiento global, pues al talar un árbol se libera a la atmósfera el carbono que ha almacenado durante largos periodos; la amenaza del cambio climático afectará no solo los bosques secos, sino también los bosques húmedos tropicales.

La presencia del hombre dentro del bosque húmedo tropical y su necesidad de alimentarse ha contribuido en la destrucción del bosque para el establecimiento de cultivos y de pastos afectando la productividad ecológica sostenible y su biodiversidad; sin embargo, una vez agotada su fertilidad las tierras son abandonadas y repobladas naturalmente por bosques secundarios.

Las características de los suelos de un bosque húmedo tropical maduro y secundario son similares como en coloración: roja, café oscuro, café claro y oscuro debido a la presencia de los óxidos de hierro y de aluminio, en textura: entre limosos y arcillosos con densidades aparentes que oscilan de 1 a 1,2 g/cm³ y de pH ácido.

Las hojas del bosque maduro al compararlo con las de bosque secundario no presentan diferencias y en la economía de hojas, el área específica que determina el grado de dureza, periodo de vida, bosque al que pertenece y contenido nutrimental; el bosque maduro tiene alta área específica, hojas más duras, vida más larga y bajos niveles de nutrientes, en cambio, el bosque secundario posee baja área específica, hojas más suaves, vida más corta y altos niveles de nutrientes.

La amenaza de cambios climáticos a nivel global significa que el conocimiento sobre procesos de suelo es de importancia crucial, por ejemplo, la temperatura afecta de modo diferencial la actividad de los microorganismos y de las plantas, en climas donde la temperatura es baja, la actividad de los microorganismos es escasa y, por lo tanto, la velocidad de descomposición de los restos y de la materia orgánica también es muy baja.

Tanto en el Ecuador como en la mayoría de países, los bosques secundarios fueron más y más comunes entre los años 70 hasta la actualidad, la importancia de estudiarlos es porque se visualiza un aumento en sus recursos genéticos y funcionalidad hidrológica en cuencas alteradas, sin embargo, no existe información acerca de los procesos del suelo.

Por lo antes mencionado y por la falta de un estudio que manifieste la relación entre economía de hojas y ciclaje de nutrientes en el suelo, la importancia de la economía de las hojas en una cuantificación fiable para ser utilizada como un esquema para modelizar nutrientes que permita conocer los flujos y los límites de vegetación en el cambio de uso del suelo y el clima, se justifica la presente investigación en estudiar la relación entre hojas de *Cecropia* caídas y descompuestas y la nutrición de los suelos en bosques maduros y secundarios en ecosistemas húmedos tropicales del Ecuador, para lo cual se establecieron los siguientes objetivos:

A. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Estudiar las relaciones entre la edad del bosque y la economía de hojas en la disponibilidad de nutrientes en los suelos de bosques húmedos tropicales del Ecuador.

2. Objetivos Específicos

- a. Comparar el desarrollo del suelo bajo *Cecropia* en bosque secundario de pastos abandonados y bosque maduro, en la formación del perfil y su contenido nutrimental.
- b. Comparar las hojas de *Cecropia*, a través de diferencias en su dureza y nutrición entre bosque maduro y secundario.
- c. Determinar la frecuencia de *Cecropia* para estimar el efecto de sus hojas en el suelo a nivel de bosque maduro y secundario.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL

Según Gentry (1990) el bosque húmedo tropical posee una de las mayores diversidades de plantas y animales en el mundo. La estructuración del bosque se encuentra muy desarrollada y la vegetación puede ser dividida en muchos estratos o pisos, dependiendo de su altura. La perpetua humedad y el calor favorecen un rápido ciclaje de los nutrientes: hongos, microorganismos e insectos descomponen con rapidez los materiales muertos y los vuelven a integrar a la cadena de nutrientes que toman las plantas. Micorrizas que viven asociados a las raíces de muchos árboles aumentan su superficie de absorción; estas micorrizas han sido de gran ayuda para permitir que grandes extensiones de bosque crezcan ahora sobre suelos muy pobres en nutrientes, como por ejemplo los suelos arenosos de gran parte de la cuenca amazónica.

1. Distribución en el país

La variabilidad topográfica y climática que posee nuestro país ha permitido el origen y establecimiento de muchos ecosistemas que abarcan aún bosques maduros, gran parte de estos bosques se encuentran distribuidos a lo largo de toda la región Amazónica del Ecuador, al igual que en la parte costera (Gentry 1990). Sin embargo, gran parte de estos bosques establecidos han sido convertidos en formas más simples, como pastos o bosques secundarios y ahora sólo se encuentran los bosques maduros como pequeños fragmentos dispersos en zonas de potreros.

2. Flora

El bosque húmedo tropical alberga una enorme diversidad de flora. En la mayor parte de los casos, no se encuentran especies de árboles dominantes (Gentry 1990). Más bien, los ejemplares de cada especie se encuentran muy dispersos por el bosque y un sorprendente número de especies de árboles pueden crecer juntas: se ha calculado que en los bosques

húmedos más diversos del mundo, una sola hectárea de terreno puede albergar hasta 280 especies de árboles.

3. Fauna

El bosque húmedo tropical abarca gran cantidad de especies de animales, sobre todo especies de tamaño relativamente pequeño. Gran parte de las especies presentes pueden trepar o volar, lo que les permite refugiarse en los árboles y aprovechar los nichos y recursos que están disponibles en ellos. Este ecosistema es la tierra de los insectos más grandes y vistosos, incluyendo varias especies de mariposas, escarabajos, cucarachas, mantis, etc. Otros invertebrados también alcanzan aquí gran tamaño, por ejemplo, los milpiés y ciempiés, los alacranes, las tarántulas, los Amblypygidae y algunas lombrices de la familia Glossoscolecidae (Gentry 1990). La diversidad de vertebrados es igualmente alta y la función ecológica depende de las interacciones entre cualquier tipo de animal.

B. DESARROLLO DE LOS SUELOS TROPICALES

Se consideran investigaciones e información en su mayor parte sobre bosques secundarios con pastos, los mismos que fueron abandonados luego de su uso.

Varios factores contribuyen a la pérdida de carbono y nitrógeno durante el proceso de cambio de los bosques. Se considera que después de una quema el 60% a 70% de carbono y nitrógeno en la biomasa aérea de un bosque maduro se pierde. Esta falta de vegetación reduce la absorción de nitrógeno mineralizado, que es entonces más vulnerable a las pérdidas por lixiviación. A diferencia de los pastos, la materia orgánica y los nutrientes importantes son eliminados del sitio con la cosecha de los cultivos anuales (Sánchez et al. 1989).

Investigaciones realizadas en varios lugares de Brasil se pueden comparar las características de suelos similares que presentan un bosque maduro en relación a un bosque secundario. Además, no hubo diferencias en las concentraciones de carbono, nitrógeno y

fósforo extraíble del suelo entre el bosque secundario y los terrenos utilizados para la agricultura. De hecho, fueron menores las concentraciones totales de carbono y nitrógeno en los suelos que se utilizan para la agricultura migratoria y en los bosques secundarios hasta 18 años de edad en comparación con los suelos de otro tipo de uso. Independientemente de la causa, las concentraciones bajas de carbono y nitrógeno en el cambio de los suelos de cultivo parecen persistir durante al menos una década en la regeneración de los bosques secundarios de pastos abandonados. Por el contrario, las concentraciones de fósforo extraíbles del suelo, tanto de bosque secundario y campos de cultivo, a pesar de que el diagnóstico es bajo, fueron significativamente más altos que los encontrados en los pastos y bosque maduro (McGrath et al. 2001).

La reposición de la materia orgánica del suelo y los nutrientes en los bosques tropicales secundarios se produce rápidamente, por lo general durante los primeros 20 años después del abandono (Wadsworth et al. 1988). Otros estudios sugieren que la recuperación de suelos por las actividades agrícolas puede tardar más. La capa superficial del suelo contenido de carbono orgánico en la regeneración de bosques secundarios tropicales de plantaciones de diferentes edades disminuyó significativamente durante los primeros 10 años después de la compensación y luego aumentó a acercarse al nivel original de 50 años (McGrath et al. 2001).

1. Acción de los nutrientes en el suelo y vegetación

La intensidad del uso de los pastos determina los niveles de nutrientes en los suelos de bosques secundarios en relación al bosque maduro. Un uso ligero de los pastos abandonados significa agotamiento de sólo nitrógeno, un uso intermedio un agotamiento de nitrógeno y potasio, un uso fuerte un agotamiento de nitrógeno, potasio, magnesio y posiblemente calcio y fósforo. La densidad aparente del suelo fue mayor en todos los bosques secundarios en relación con los bosques maduros (Buschbacher et al. 1988).

2. Pérdida de nutrientes y redistribución después de eliminar el bosque

Un estudio comparativo de bosques maduros y secundarios hecho por Markewitz y otros (2004) mostraron que los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, y magnesio en la biomasa de plantas en el bosque secundario fue menor que de los niveles presentes en el bosque maduro. Sin embargo, el fósforo extraíble en los suelos de todos los bosques secundarios es muy bajo, es decir, 1 kg/ha menos que en el suelo de bosque maduro. El contenido de cationes del suelo en bosques secundarios son elevados, estos incrementos se derivan de una parte sustancial del contenido de cationes originados de la biomasa de las plantas en el bosque maduro. El reciclaje de nutrientes a través de la hojarasca en el bosque secundario se produjo niveles de los elementos, 132, 2.8, 32, 106 y 23 kg/ha/año para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, respectivamente, similar a los niveles del bosque maduro. Sin embargo, el reciclaje de formas disponibles de nitrógeno en el suelo fue menor en el bosque secundario que en el bosque maduro.

C. CICLAJE Y ALMACENAMIENTO DE NUTRIENTES EN EL SUELO TROPICALES

En los ecosistemas terrestres el compartimento edáfico constituye el principal medio a través del cual se viabiliza el retorno de nutrientes a la vegetación en pie. El ciclaje y pérdida de nutrientes del suelo como procesos en ecosistemas forestales, han demostrado ser críticos para su adecuado funcionamiento. Así, pérdida de nutrientes del sistema, interrupción de los procesos de ciclaje y captura de nutrientes o desequilibrios en el estado nutricional podrían estar asociados con declinaciones en la productividad y estabilidad forestal (Nilsson et al. 1995).

La composición de la solución edáfica, es el resultado de procesos complejos tales como las entradas de los elementos de las soluciones gravitacionales (la lluvia y su posterior redistribución), la producción interna de elementos por mineralización de la materia orgánica del suelo y la meteorización, complejos equilibrios de iones intercambiables y las salidas por absorción (raíces y microbiota) y por drenaje profundo. La intensidad de cada proceso depende de muchos factores (profundidad del suelo, movilidad de las soluciones,

requerimientos del rodal, entre otros) y los mecanismos individuales dificultan la identificación de interacciones entre ellos (Zabowski et al. 1990).

1. Recuperación del ciclaje del nitrógeno en bosques Amazónicos

Se estima que la acción de talar los bosques, el fuego, la erosión, las emisiones de gases de efecto suelo, la recolección de madera y la lixiviación de nutrientes por efecto del agua provocan una pérdida inicial de nutrientes. Tanto el nitrógeno como el fósforo se pueden perder en forma de partículas durante la combustión de biomasa y como gas al volatilizarse e incluso, el nitrato también se infiltra en el suelo con facilidad.

Todos los indicadores derivados del análisis del follaje verde, las emisiones de hojarasca, suelo y trazas de gas son consistentes con un conservador ciclo del nitrógeno en los bosques sucesionales jóvenes y la recuperación de los procesos del ciclismo del nitrógeno a medida que avanza la sucesión (Davidson et al. 2007). El nitrógeno foliar y el nitrato del suelo extraíble aumenta con la edad de los bosques, entonces, los patrones de nitrógeno y fósforo para el ciclaje paralelo de sucesión secundaria queda previamente demostrada por la sucesión primaria.

La sucesión primaria y secundaria son los dos tipos de sucesión ecológica o progresión natural de la vida biológica y vegetal de una condición a otra. Conceptualmente, la sucesión primaria es el modo de "partir desde cero" de la progresión natural, un pionero de la vida vegetal, siempre comienza a partir de una nueva formación de tierra de material inorgánico, como roca o roca volcánica. La sucesión secundaria es la progresión de la vida que sigue a este pionero e implica la dominación de las especies menores iniciales por aquellas especies mejor adaptadas a las condiciones cambiantes, comienza a partir de una perturbación, pero no destrucción, de una fuente orgánica o suelo, como raíces, semillas, líquenes y musgos (Ho, D. 2013).

2. Acumulación de nutrientes en bosques secundarios

La conversión del bosque primario para la agricultura de subsistencia, el inicio industrial, y el establecimiento de pasturas continúan siendo las causas predominantes de la deforestación tropical (Laurance, W. 1999).

De los aproximadamente 58,8 millones de hectáreas de bosque talado en la Amazonia brasileña durante las últimas tres décadas, 24 millones de hectáreas fueron convertidas en pastos, cerca de la mitad de los cuales fueron abandonados (Feldpausch et al. 2004). La cronosecuencia en el estudio de Feldpausch y otros (2004) fue de 10 sitios de 0 a 14 años después del abandono de los pastos, donde, se visualizan cambios adicionales con la edad del bosque. El almacenamiento de calcio y nitrógeno total en el suelo del bosque secundario más viejo representó un promedio del 34% y 95% del almacenamiento total de nutrientes, respectivamente. Esta valoración es diferente de lo que ocurre en suelos de bosques primarios, donde el calcio y el nitrógeno total pueden representar 1% y 73% del almacenamiento total de nutrientes.

3. El nitrógeno y fósforo como limitante en la acumulación de carbono

Un artículo realizado por Herbert y otros (2003) presentan un modelo muy informativo que ilustra cómo el almacenamiento de carbono variará con diferentes cambios en el almacenamiento de nitrógeno y fósforo en múltiples años después del abandono de los pastos. De acuerdo al modelo, esquematiza que la pérdida de fósforo de los suelos reduce su capacidad de almacenamiento del carbono. Además, la inferioridad en la densidad de la madera y en la dureza de la hoja y una mayor concentración de nutrientes a nivel foliar sugieren que las comunidades vegetales situadas en los claros tienen menos capacidad de almacenamiento de carbono, menos tolerancia a la sequía y un aumento de la palatabilidad para los depredadores (Baraloto et al. 2012).

Estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador (1999) reportan que los suelos de los bosques tropicales guardan unas 250 toneladas métricas de carbono por

cada hectárea, comparado con un páramo, las tierras de altura almacenan 4 veces más dióxido de carbono (CO_2) esta cantidad asciende a 1 000.

4. Mineralización del nitrógeno

Desde hace unos sesenta años se ha reconocido la existencia de ciclos de nutrientes casi cerrados entre un bosque tropical húmedo maduro y el suelo en el que crece y se han hecho estudios al respecto (Hardy 1936 y Vitousek et al. 1986). El término mineralización se usa normalmente para describir la transformación de nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico, ya sea este en forma de NH_4^+ o NO_3^- (Black 1975). Otros autores, en cambio, emplean el término mineralización para referirse sólo al paso del nitrógeno orgánico a NH_4^+ . Esto se debe en parte a que el NH_4^+ es la forma de nitrógeno inmovilizada preferentemente por los microorganismos, a la conexión íntima que existe entre los procesos de mineralización e inmovilización del nitrógeno ya que el proceso de mineralización hasta NH_4^+ es realizado por los microorganismos heterótrofos del suelo, los cuales utilizan sustancias orgánicas carbonadas como fuente de energía (Jansson et al. 1982).

Un estudio realizado por Reiners et al. (1994) en Costa Rica concluye que la tasa de mineralización en bosques secundarios es mayor que en bosques maduros, donde explica el crecimiento en almacenamiento de nitrógeno; esto posiblemente a una disponibilidad de una hojarasca más fácilmente descomponible y rica en nitrógeno.

D. ECONOMÍA DE LAS HOJAS

Las plantas con una mayor masa foliar por unidad de superficie presentan una lámina de hoja más gruesa o un tejido más denso, o ambos. El espectro que se ha descrito para la economía de las hojas va desde las plantas con un potencial de retorno rápido de inversión de nutrientes y de materia seca en las hojas hasta las plantas con un ciclaje más lento de retorno (Wright et al. 2005).

Las hojas juegan un papel importante en el proceso de almacenamiento de carbono y nutrientes. Debido a esta función vital, existe una fuerte selección en especies para producir hojas que maximicen la ganancia de carbono y nutrientes durante la vida útil de la hoja (Wright et al. 2005). Las características que abarcan un espectro predecible a partir de los que se producen rápidamente y tienen altos niveles de nutrientes y área específica baja a aquellos que son más espesas y duras, tienen bajos niveles de nutrientes y una área específica alta. El primer grupo tiende a tener una vida más corta y se produce en las plantas que constituyen comunidades jóvenes o en las etapas juveniles de las mismas plantas (Grime et al. 1996, Cornelissen et al. 1999, 2004, Pérez-Harguindeguy et al. 2000). El segundo grupo es por lo general de vida más larga y se produce en las etapas de sucesión vegetal más maduras o en las plantas de mayor edad.

El propósito de evaluar el espectro de economía de las hojas es para poderla utilizar como una plantilla para la comprensión de los efectos relativos de las especies en la tasa de descomposición de las hojas (Swift et al. 1979), una vez que la hoja entra al estado de senescencia, una proporción de nutrientes es reabsorbido por la planta, la otra parte que cae como hoja seca concentra buena cantidad de nutrientes que tiene una fuerte influencia en el proceso de descomposición.

1. Área específica de la hoja

El área foliar específica (AFE) explica en mayor parte la variación de crecimiento entre las especies. Las especies con crecimiento más rápido, bajo óptimas condiciones, son aquellas que tienen la mayor área foliar específica (Poorter 1999). El área foliar específica es la razón entre el área de la hoja y su peso seco:

$$AFE = \frac{\text{área foliar (cm}^2\text{)}}{\text{peso seco (g)}}$$

Un incremento en el área foliar específica implica que la hoja invierte menos biomasa por unidad de área. Esta variable se correlaciona fuertemente con una variedad de parámetros fisiológicos y químicos. Las especies con alta AFE poseen altas concentraciones de componentes citoplasmáticos como proteínas, minerales y ácidos orgánicos. Asimismo

presentan altas concentraciones de N y altas tasas de actividad fotosintética. Especies con baja AFE poseen mayor cantidad de componentes de pared celular, especialmente lignina. Este tipo de hojas son más duras y menos atractivas para los herbívoros. Estas especies también se caracterizan por poseer altos valores en el contenido de materia seca (masa seca/ masa fresca), y presentar mayor longevidad en raíces y hojas (Poorter 1999 - 2002).

Existe una relación directa entre el área foliar específica (AFE) de las especies y la productividad del hábitat en donde estas especies generalmente se encuentran (Poorter 1990). Según estudios realizados, el área foliar específica se correlaciona positivamente con la productividad (Poorter 1999).

2. Variabilidad del clima, agua y suelo en la diferenciación de las hojas

En los bosques tropicales, la variación de la luz, hidrología, y el suelo ponen en correlación junto con la distribución de especies de árboles hace pensar en un papel potencialmente importante (Baltzer y Thomas 2010). Los patrones de variación de un rasgo pueden ser adaptativos cuando varían en relación a un gradiente ambiental, en particular, los caracteres foliares pueden afectar la productividad y la habilidad competitiva de las plantas (Souto et al. 2009). El área de la hoja, el peso seco, y el área foliar específica tenderán a aumentar y la forma de la hoja se alargará con el aumento de la temperatura, la precipitación y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

La disponibilidad de agua varía estacionalmente y puede estar causando la variación en varios rasgos estructurales de la hoja, específicamente aquéllos relacionados con la economía de la hoja, de hecho, estas relaciones se usan a menudo en modelos que investigan los efectos de cambios en el clima, el carbono en el uso de la tierra y ciclismo de N en las comunidades de las plantas (Gotsch, S. et al. 2010). Por ejemplo, se ha encontrado una relación positiva entre el área específica de la hoja y la tasa máxima fotosintética.

Los árboles del bosque tropicales contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad. La relación de diferenciación del suelo a los intercambios entre los rasgos funcionales de las hojas son menos claros, de acuerdo al espectro de la economía de las hojas de poseer una proporción

fisiológica alta, concentración de nutrientes y una masa específica baja se relaciona con el suelo al generar una inversión e ingreso de nutrientes muy rápida (Baltzer y Thomas 2010).

3. Aportes de la hoja y reabsorción de nutrientes

La importancia de la caída de las hojas y renovación de raíces en el ciclo de los nutrientes consiste en que retorna materia orgánica y elementos minerales, que constituye el principal proceso de transferencia de nutrientes al suelo y puede llegar a ser de más de 90% del nitrógeno absorbido por las plantas (Chapin et al. 2002). Los nutrientes que pasan al suelo desde la planta pueden reducirse por el proceso de reabsorción o retranslocación de nutrientes, que consiste en la hidrólisis de los nutrientes contenidos en la hoja senescente, y sucede cuando la célula se desintegra junto con el cloroplasto donde se contiene más de 70% de la proteína de la hoja. Metabólicamente la fotosíntesis es reemplazada por el catabolismo de cloroplastos y macromoléculas, con el posterior transporte de los productos resultantes a tejidos en crecimiento o hacia zonas perennes de la planta donde son almacenados hasta su posterior utilización (Gan y Amasino 1997).

Las plantas reabsorben en promedio la mitad de su contenido foliar de nitrógeno antes de la caída de la hoja (Aerts 1997), aunque la eficiencia en la reabsorción es muy variable. En diferentes regiones climáticas la descomposición de la hojarasca de árboles y arbustos siempre verdes es más lenta que de los deciduos, esto se debe a la baja concentración de nutrientes en los perennifolios y a la presencia de lignina y otros compuestos secundarios (Wedin, 1999; Aerts y Chapin 2000).

F. CECROPIA

1. Nombres comunes

Chancarro, Guarumo, Guarina, Hormiguillo, Yaba, Yabioo, etc.

2. Descripción

- a. **Forma.** Árbol perennifolio, mirmecófilo, de 20 a 25m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 50 cm.
- b. **Copa/Hojas.** Copa en forma de sombrilla, estratificada, con todas las hojas expuestas a la luz directa del sol. Hojas en espiral, simples, peltadas y profundamente palmado-divididas; láminas membranosas de 25 a 50 cm de diámetro; verde oscuras y brillantes en el haz y grisáceas en el envés con nervación rojiza y prominente. Las hojas son lanceoladas durante las primeras etapas del desarrollo de las plántulas.
- c. **Tronco/Ramas.** Tronco monopódico, cilíndrico, recto, hueco en el centro y pocas ramas gruesas de primer orden en pisos e idénticas al tronco principal, con primordios florales laterales.
- d. **Corteza.** Externa lisa, gris clara, con grandes cicatrices circulares (estípulas caídas) y lenticelas negras dispuestas en líneas longitudinales.
- e. **Flor.** Flores en espigas (amentos), axilares, sostenidas por una bráctea espatiforme caediza.
- f. **Fruto.** La infrutescencia verde amarillenta a pardo oscura. Contiene de 2,700 a 4,700 aquenios de color marrón brillante, muy pequeños de sabor parecido al del higo.
- g. **Semilla.** Semillas muy pequeñas, de 1 a 2.8 mm de largo y 0.8 a 1.3 mm de ancho, cilíndricas, pardo brillantes.
- h. **Raíz.** Esta especie puede presentar de modo facultativo raíces zancudas (fulcrantes) de sección circular (González et al. 1997).

3. Hábitat

Esta especie prospera cerca de arroyos, en claros y bordes. Se desarrolla tanto en suelos de color café, rojizo y negro arcilloso con buen drenaje como en aquellos con impedimentos de drenaje, tanto de origen volcánico, como sedimentario o metamórfico (González et al. 1997).

4. Establecimiento

En el campo tiene una estrecha dependencia a los claros grandes para germinar, establecerse y llegar a la madurez. Una combinación de abundante producción de semilla, una dispersión eficiente y un mecanismo preciso de regulación de la germinación, puede explicar el éxito de esta especie como colonizadora de claros naturales y ocasionales de la selva producida por la caída de uno o varios árboles grandes o bien de sitios abiertos resultantes de la perturbación humana (González et al. 1997).

Cecropia es una de las especies pioneras de vegetación secundaria temprana más abundantes y conspicuas de las zonas tropicales cálido-húmedas. Se considera a *Cecropia* como recuperador de terrenos degradados. Además de no tener un alto requerimiento de nutrientes, produce una gran cantidad de hojarasca que se degrada lentamente. La hojarasca es sumamente efectiva para la restauración del suelo, pues favorece una elevada diversidad de organismos, contenido de materia orgánica y capacidad de retención de agua. Su papel puede ser muy importante al proveer nutrientes a las especies primarias (González et al. 1997).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

Los Bosques Húmedos Tropicales a evaluarse para la presente investigación se encuentran dispersos en la región Costa y Oriente de la República del Ecuador. Este ecosistema abarca una exuberante vegetación arbórea como ceibos, balsa, guarumos, palmas, etc., también de una gran variedad de invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

La Estación Experimental Pastaza – ESPOCH se encuentra ubicada en el km 32 vía Puyo – Macas en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, parroquia Simón Bolívar, con un área de 180 ha. El Bosque Tropical – Río Palenque se ubica en la provincia de Los Ríos, cantón Buena Fe, parroquia Patricia Pilar, cuenta con 115 ha. Propiedad Incinerox - Shushufindi está ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, sector Pozo Seco comprende 100 ha.

2. Ubicación geográfica¹

a. Estación Experimental Pastaza – ESPOCH

Latitud: 01°41' S

Longitud: 77°56' W

Altitud: 995 msnm

¹ Datos proporcionados en cada estación visitada (2013)

b. Bosque Tropical – Rio Palenque

Latitud: 0°53' S

Longitud: 79°29' W

Altitud: 202 msnm

c. Propiedad Incinerox - Shushufindi

Latitud: 0°08' S

Longitud: 76°45' W

Altitud: 240 msnm

3. Condiciones climatológicas al momento del muestro²

a. Estación Experimental Pastaza – ESPOCH

Temperatura promedio: 22,6 °C

Humedad relativa promedio: 85%

Precipitación promedio: > 3500mm

b. Bosque Tropical – Rio Palenque

Temperatura promedio: 24°C

² Datos proporcionados en cada estación visitada (2013)

Humedad relativa promedio: 85%

Precipitación promedio: 2800 mm

c. Propiedad Incinerox - Shushufindi

Temperatura promedio: 30 °C

Humedad relativa promedio: 85%

Precipitación promedio: 3260mm

4. Clasificación ecológica

De acuerdo con la clasificación de HOLDRIDGE 1992, corresponde a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T).

B. MATERIALES

1. Materiales de campo

Barreno, pala de desfonde, azadilla, machete, navaja, cinta métrica, regla, hielera o caja porta muestras, pinzas, cilindros, fundas plásticas, fundas de papel, tarrinas, esfero, libreta, etiquetas, cámara fotográfica, etc.

2. Materiales de oficina

Se utilizaron computadora, hojas de papel, internet, calculadora, escáner, GPS, estufa, balanza digital, esferos, equipo y reactivos de laboratorio de suelos y hojas, vehículo, etc.

3. Materiales de investigación

Constituyeron los 3 lugares de estudio dentro de los límites de bosque húmedo tropical, cada uno con bosques de dos edades (maduro y secundario) y los 3 árboles a investigarse en cada bosque.

C. METODOLOGÍA

1. Tratamientos en estudio

a. Materiales de experimentación

Para la presente investigación se utilizaron: 3 lugares con presencia de bosque húmedo tropical con distintas edades (bosque maduro y bosque secundario), cada bosque con 3 árboles (Cuadro 1).

CUADRO 1. Esquema y distribución de los lugares, bosque y árbol

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL
PASTAZA	MADURO	1
PASTAZA	MADURO	2
PASTAZA	MADURO	3
PASTAZA	SECUNDARIO	1
PASTAZA	SECUNDARIO	2
PASTAZA	SECUNDARIO	3
RIO PALENQUE	MADURO	1
RIO PALENQUE	MADURO	2
RIO PALENQUE	MADURO	3
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	1
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	2
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	3
SHUSHUFINDI	MADURO	1
SHUSHUFINDI	MADURO	2
SHUSHUFINDI	MADURO	3
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3

Elaboración: Aules, J. (2013)

b. Unidad de observación

Las unidades estuvieron constituidas por el contenido nutrimental de los suelos en sus diferentes horizontes y hojas en los estados: secas y descompuestas de la morfoespecie *Cecropia* y características físicas del suelo (Cuadro 2).

CUADRO 2. Tratamientos en estudio

LUGAR	BOSQUE	ARBOL	SUELO (HORIZONTES O,A,B,C)	HOJAS (DESCOMPUESTAS Y SECAS)
PASTAZA RIO PALENQUE SHUSHUFINDI	MADURO SECUNDARIO	1,2,3	N P K Ca Mg C org D.Ap % HUM.	N P K Ca Mg AFE (Área específica)
Características físicas del suelo: color, textura, perfiles presentes y dimensiones de cada horizonte				

Elaboración: Aules, J. (2013)

2. Tipo de diseño experimental

Se utilizó un análisis multivariado por componentes principales para las correlaciones entre nutrimentos del suelo y las hojas (Biplot robusto) y un ADEVA para cuantificar las diferencias existentes entre sitios y entre bosques maduros y secundarios (Modelo lineal aditivo “ $Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$ ”).

a. Análisis estadístico

1) Para las correlaciones se utilizó un análisis multivariado por componentes principales entre nutrimentos del suelo y las hojas considerando como criterio de clasificación a los árboles de todos los lugares investigados.

2) Para los contenidos nutrimentales del suelo y hojas se utilizó las medias tanto de lugares como la edad del bosque en un ADEVA.

b. Análisis funcional

- 1) Para las correlaciones se empleó un análisis por Componentes Principales.
- 2) Para las diferencias de contenido nutrimental entre sitios y entre bosques maduro y secundario se aplicó la prueba de Tukey al 5 %.
- 3) Se determinó el coeficiente de variación.

D. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS REGISTRADOS

1. En el campo

a. Para el muestreo de suelos y hojas y descripción de características físicas del suelo

- 1) Se eligió los lugares de estudio, considerando que se encuentren dentro de un ecosistema húmedo tropical (Foto 1).



FOTO 1. Selección del lugar de estudio

- 2) Se identificó la frontera entre bosque maduro y secundario.

- 3) Seleccionamos tres árboles de *Cecropia* representativos en cada bosque.
- 4) Se realizó calicatas y se describió las características físicas del suelo bajo los árboles seleccionados como el color, textura, perfiles presentes y dimensiones de cada horizonte (Foto 2).



FOTO 2. Descripción física y toma de muestras del suelo

- 5) Se recogieron muestras de suelo correspondientes a cada horizonte presente en la calicata y de hojas descompuestas y maduras bajo los mismos árboles (Foto 3 y 4). Las muestras fueron recolectadas tanto de suelo como de hojas de tres puntos diferentes que rodeen al árbol en estudio con la finalidad de obtener una muestra más representativa.



FOTO 3. Muestras de hojas



FOTO 4. Muestras de suelo

b. Para determinar la frecuencia de *Cecropia* en cada tipo de bosque

Se realizaron transectos para determinar la frecuencia de *Cecropia* por hectárea en cada bosque, contando el número de árboles de *Cecropia* presentes en un transecto trazado en cada tipo de bosque.

2. Trabajo de laboratorio

a. Para determinar el contenido nutrimental de los suelos y hojas colectadas

1) Se obtuvo una muestra compuesta de cada horizonte de los suelos bajo cada árbol, juntando las tres muestras recolectadas en el campo con la identificación correspondiente (Foto 5).



FOTO 5. Preparación de muestras de suelo

2) Seguimos la metodología estándar de los laboratorios para determinar el porcentaje de humedad (Foto 6), la densidad aparente, y el contenido de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio que fueron expresados en kg/ha.



FOTO 6. Determinación de humedad del suelo

b. Para determinar la tasa de mineralización del nitrógeno

Se puso a incubar una submuestra de suelo humedecido de cada horizonte O (orgánico) en recipientes plásticos previamente identificados, tapamos el recipiente procurando que tengan orificios las tapas para un libre ingreso del oxígeno durante un periodo de 7 días a 25°C para estimar la tasa de mineralización de nitrógeno (Foto 7).



FOTO 7. Incubación del horizonte orgánico

c. Para estimar el área específica de las hojas de *Cecropia* colectadas

1) Las hojas maduras recolectadas se escanearon con la ayuda de un escáner y un computador, a continuación las llevaremos a una estufa a 65°C por 48 horas, con una balanza se pesó cada una de las hojas para obtener su peso seco. Empleando el software ImageJ se calculará el área (Foto 8). Posteriormente con los datos de área foliar y peso seco se realizó el cálculo del área foliar específica (AFE): $AFE = \text{área foliar (cm}^2\text{)} / \text{peso seco (g)}$.

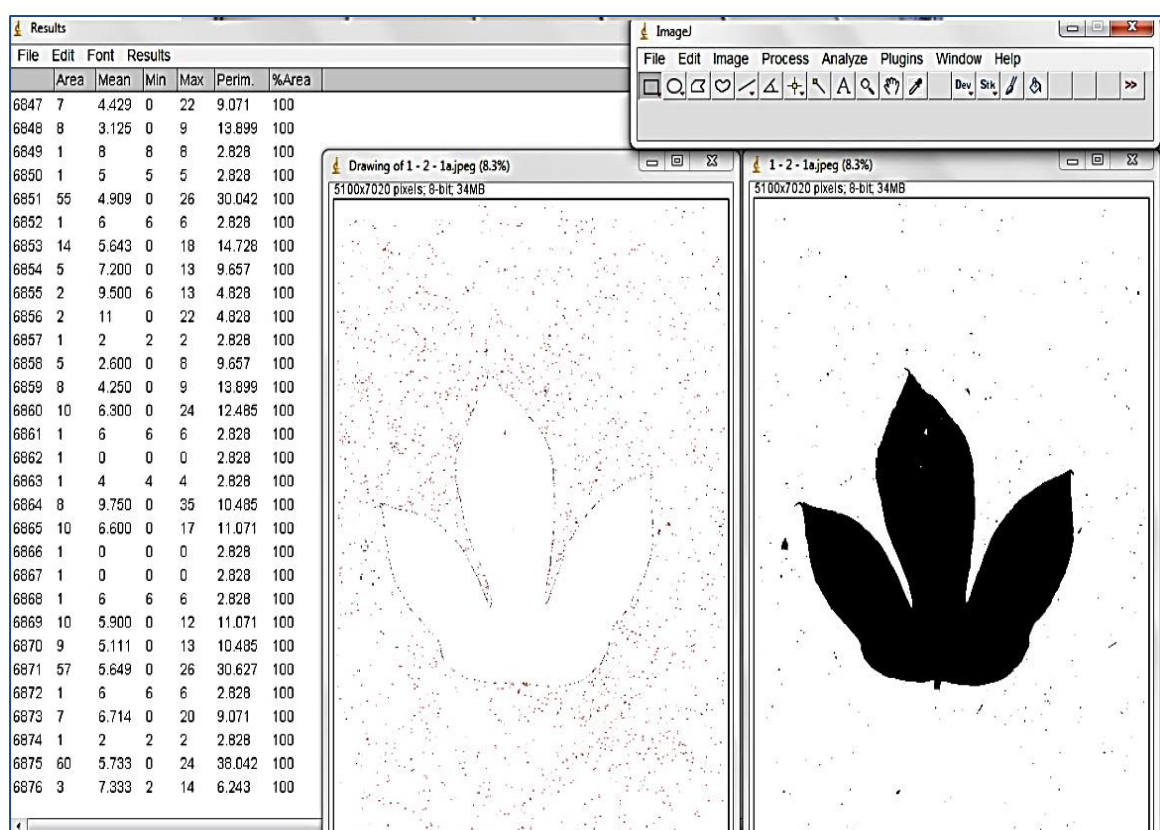


FOTO 8. Determinación del área de la hoja con ImageJ

2) Se determinó la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en las muestras de las hojas, tanto de hojas descompuestas como de hojas maduras, resultados que fueron expresados en g/kg.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Variables Dependientes

- a. Contenido nutrimental en el suelo y en las hojas
- b. Densidad aparente del suelo
- c. Contenido de carbono en el suelo
- d. Tasa de mineralización de nitrógeno
- e. Dureza de las hojas (área específica)
- f. Espesor del horizonte orgánico

2. Variables Independientes

- a. Edad del bosque

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

CUADRO 3. Características físicas y pH de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			pH	PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE (cm)			
			TEXTURA	COLOR	D.A g/cm ³		O	A	B	C
Pastaza	Maduro	1	Arcillo Limoso	Rojo	1,0	3,9	10	25	-	>40
Pastaza	Maduro	2	Arcilloso	Café - Claro	1,1	3,8	4	25	-	>29
Pastaza	Maduro	3	Arcilloso	Café - Claro	1,0	3,7	7	42	-	>49
Pastaza	Secundario	1	Franco Arcilloso	Café - Oscuro	1,0	3,8	4	25	-	>30
Pastaza	Secundario	2	Arcilloso	Café - Oscuro	1,0	3,9	4	40	-	>44
Pastaza	Secundario	3	Arcilloso	Café - Oscuro	1,1	3,7	10	35	-	>45
Río Palenque	Maduro	1	Limoso	Café - Claro	1,2	5,6	7	28	12	>47
Río Palenque	Maduro	2	Arcillo Limoso	Café - Claro	1,2	5,7	6	30	8	>44
Río Palenque	Maduro	3	Limoso	Café - Claro	1,2	6,2	12	22	12	>46
Río Palenque	Secundario	1	Franco Arcilloso	Oscuro	1,1	5,5	5	12	-	>17
Río Palenque	Secundario	2	Arcilloso	Oscuro	1,1	5,7	3	7	-	>10
Río Palenque	Secundario	3	Arcilloso	Oscuro	1,1	5,8	3	6	-	>9
Shushufindi	Maduro	1	Arcilloso	Café - Oscuro	1,0	3,4	3	18	-	>21
Shushufindi	Maduro	2	Franco Arcilloso	Café - oscuro	1,0	3,1	4	>44	-	-
Shushufindi	Maduro	3	Franco Arcilloso	Café - Oscuro	1,2	3,6	3,5	12	-	>15,5
Shushufindi	Secundario	1	Franco Arcilloso	Café - Oscuro	1,0	5,0	3,5	12	-	>15,5
Shushufindi	Secundario	2	Arcillo Arenoso	Café - Claro	1,0	5,3	2,5	10	-	>12,5
Shushufindi	Secundario	3	Limoso	Café - Claro	1,1	5,1	3	23	-	>26
Río Negro	Secundario	1	Franco Arcilloso	Café - Oscuro	1,1	4,7	13	>13	-	-

Elaboración: Aules, J. (2013)



FOTO 9. Ecuador – Bosque Húmedo Tropical

El bosque húmedo tropical, uno de los más grandes ecosistemas con mayor diversidad en el planeta presenta: suelos con características físicas similares entre un sitio y otro como su coloración roja, café oscuro, café claro y oscuro debido a la presencia de los óxidos del hierro y de aluminio, poseen suelos con partículas muy finas que presentan texturas entre limoso y arcilloso con densidades aparentes que oscilan de 1 a 1,2g/cm³ y que de acuerdo a estas características se predice su pH ácido que concuerda con los datos obtenidos en los análisis químicos del suelo que van desde 3,1 a 6,2 y con la escala de interpretación del pH (Anexo1) citado por Oñate, M. (2005).

En este estudio no se observa diferencias entre bosque maduro y secundario. Los horizontes presentes en este tipo de bosque húmedo son: O, A y C con un espesor que van de 2,5 a 13cm, de 6 a >44cm y de 9 a >49cm respectivamente, la ausencia de horizonte B en la mayoría de los bosques se asume a su bajo grado de intemperismo y desarrollo del suelo por factores físicos, químicos y acción microbiológica. El único sitio que presentó horizonte B fue Río Palenque en su bosque maduro con un espesor de 8 a 12cm., quizá la intervención del hombre y presencia de sotobosque y de claros en este tipo de bosque explique el desarrollo del suelo.

B. CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LOS SUELOS DE LOS BOSQUES HUMEDOS TROPICALES DEL ECUADOR

CUADRO 4. Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte O de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	HORIZONTE O							
			kg/ha					t/ha		%
			N	P	K	Ca	Mg	M.O	C/N	HUMEDAD
PASTAZA	MADURO	1	24,85	47,60	454,80	> 8000,00	144,00	92,00	0,62	66,40
PASTAZA	MADURO	2	21,43	41,00	1237,60	> 8000,00	134,40	82,00	1,98	62,16
PASTAZA	MADURO	3	24,54	41,00	800,80	> 8000,00	139,20	116,00	1,02	64,83
PASTAZA	SECUNDARIO	1	21,28	36,00	1795,60	> 8000,00	1416,00	114,00	1,18	59,91
PASTAZA	SECUNDARIO	2	23,30	37,60	1698,60	> 8000,00	1632,00	104,00	1,01	61,24
PASTAZA	SECUNDARIO	3	20,34	54,00	1910,60	> 8000,00	1536,00	108,00	1,49	52,77
R. PALENQUE	MADURO	1	26,40	57,80	2062,60	> 8000,00	1632,00	78,00	17,40	34,77
R. PALENQUE	MADURO	2	22,67	53,20	1213,40	> 8000,00	1680,00	84,00	20,30	32,93
R. PALENQUE	MADURO	3	19,41	67,20	1528,80	> 8000,00	2088,00	88,00	21,27	44,04
R. PALENQUE	SECUNDARIO	1	25,47	57,80	1941,20	> 8000,00	1992,00	80,00	21,09	33,12
R. PALENQUE	SECUNDARIO	2	21,59	63,20	2329,60	> 8000,00	1752,00	102,00	22,75	28,72
R. PALENQUE	SECUNDARIO	3	21,74	29,20	2572,20	> 8000,00	2040,00	76,00	27,55	32,73
SHUSHUFINDI	MADURO	1	34,79	42,60	1944,80	> 8000,00	2328,00	156,00	30,16	38,51
SHUSHUFINDI	MADURO	2	42,71	45,40	2065,40	> 8000,00	2952,00	150,00	21,75	39,08
SHUSHUFINDI	MADURO	3	45,81	56,40	1851,20	> 8000,00	3216,00	120,00	20,47	40,53
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	24,85	36,00	1876,20	> 8000,00	1368,00	124,00	23,97	39,47
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	23,76	42,60	1406,80	> 8000,00	1752,00	180,00	24,86	40,87
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	20,97	44,20	1480,40	> 8000,00	1872,00	172,00	26,25	36,60

Elaboración: Aules, J. (2013)

CUADRO 5. Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte A de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	HORIZONTE A							
			kg/ha					t/ha		%
			N	P	K	Ca	Mg	M.O	C/N	HUMEDAD
PASTAZA	MADURO	1	18,95	45,60	413,20	> 8000	129,60	106,00	2,56	50,24
PASTAZA	MADURO	2	10,25	35,00	776,40	> 8000	129,60	100,00	2,64	50,04
PASTAZA	MADURO	3	14,44	35,80	703,60	> 8000	134,40	174,00	2,80	55,39
PASTAZA	SECUNDARIO	1	13,82	35,00	994,80	> 8000	1392,00	116,00	1,98	54,81
PASTAZA	SECUNDARIO	2	10,72	37,80	1237,60	> 8000	1704,00	100,00	2,23	54,23
PASTAZA	SECUNDARIO	3	14,44	40,80	1577,20	> 8000	1800,00	116,00	2,59	50,64
R. PALENQUE	MADURO	1	13,82	17,40	800,80	> 8000	1464,00	64,00	20,62	21,88
R. PALENQUE	MADURO	2	13,67	18,00	994,80	> 8000	1776,00	60,00	43,50	22,59
R. PALENQUE	MADURO	3	10,09	19,20	1067,60	> 8000	2136,00	72,00	52,20	23,62
R. PALENQUE	SECUNDARIO	1	17,55	15,00	1650,00	> 8000	1896,00	104,00	50,27	24,10
R. PALENQUE	SECUNDARIO	2	13,98	62,00	1868,40	> 8000	1824,00	104,00	43,09	22,77
R. PALENQUE	SECUNDARIO	3	13,82	18,80	1965,60	> 8000	1800,00	100,00	29,00	26,60
SHUSHUFINDI	MADURO	1	17,55	34,00	1460,60	> 8000	2256,00	120,00	31,64	30,16
SHUSHUFINDI	MADURO	2	14,13	21,60	1930,60	> 8000	2472,00	140,00	45,11	26,79
SHUSHUFINDI	MADURO	3	15,06	29,40	1592,80	> 8000	2328,00	80,00	33,14	29,05
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	15,69	24,80	1683,80	> 8000	1392,00	100,00	26,36	29,57
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	19,88	20,00	1904,40	> 8000	1656,00	164,00	39,63	32,88
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	16,31	25,00	1689,20	> 8000	1128,00	148,00	35,77	32,12

Elaboración: Aules, J. (2013)

CUADRO 6. Datos obtenidos en el análisis químico del suelo para el horizonte C de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	HORIZONTE C							
			kg/ha					t/ha		%
			N	P	K	Ca	Mg	M.O	C/N	HUMEDAD
PASTAZA	MADURO	1	8,39	28,80	728,20	> 8000	112,80	98,00	3,55	47,13
PASTAZA	MADURO	2	8,23	35,20	412,40	> 8000	117,60	104,00	2,15	46,60
PASTAZA	MADURO	3	15,22	34,40	703,60	> 8000	129,60	118,00	2,63	52,31
PASTAZA	SECUNDARIO	1	11,18	33,00	1019,20	> 8000	1464,00	114,00	3,01	52,99
PASTAZA	SECUNDARIO	2	14,13	31,60	1261,80	> 8000	1440,00	112,00	2,71	47,65
PASTAZA	SECUNDARIO	3	9,78	50,00	1601,60	> 8000	1824,00	106,00	2,56	48,61
R. PALENQUE	MADURO	1	10,09	11,80	1164,80	> 8000	1392,00	76,00	44,08	26,75
R. PALENQUE	MADURO	2	10,72	15,00	1261,80	> 8000	1464,00	72,00	29,83	29,39
R. PALENQUE	MADURO	3	9,47	17,00	1480,20	> 8000	1488,00	84,00	60,90	26,86
R. PALENQUE	SECUNDARIO	1	11,49	28,00	1504,40	> 8000	1872,00	72,00	34,80	19,34
R. PALENQUE	SECUNDARIO	2	7,77	37,80	1577,20	> 8000	1704,00	72,00	41,76	19,02
R. PALENQUE	SECUNDARIO	3	9,16	17,40	1844,20	> 8000	1560,00	68,00	32,87	23,61
SHUSHUFINDI	MADURO	1	15,53	25,20	1905,80	> 8000	2064,00	96,00	10,31	28,04
SHUSHUFINDI	MADURO	2								
SHUSHUFINDI	MADURO	3	10,56	21,60	1714,60	> 8000	2280,00	72,00	34,80	28,54
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	10,09	21,80	1739,40	> 8000	1536,00	120,00	43,50	27,86
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	8,70	27,80	1851,20	> 8000	1680,00	88,00	36,46	24,14
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	11,80	35,00	1409,40	> 8000	1656,00	120,00	43,50	28,57

Elaboración: Aules, J. (2013)

1. Contenido de nitrógeno (N) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el contenido de nitrógeno del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 7), no presentó diferencias significativas entre lugares y entre bosques.

El coeficiente de variación fue 45.51 %.

El promedio de nitrógeno presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 17,30 kg/ha.

CUADRO 7. Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>Significancia</u>
Modelo	349,65	3	116,55	1,90	0,1421	
Lugar	276,19	2	138,10	2,25	0,1162	Ns
Bosque	81,41	1	81,41	1,33	0,2550	Ns
Error	3007,31	49	61,37			
Total	3356,96	52				
CV %			45,51			
Media			17,30			

Elaboración: Aules, J. (2013)

Ns: No Significativo

Según el contenido de nitrógeno en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador no existieron diferencias significativas, sin embargo se presentan diferencias aritméticas (Gráfico 1).

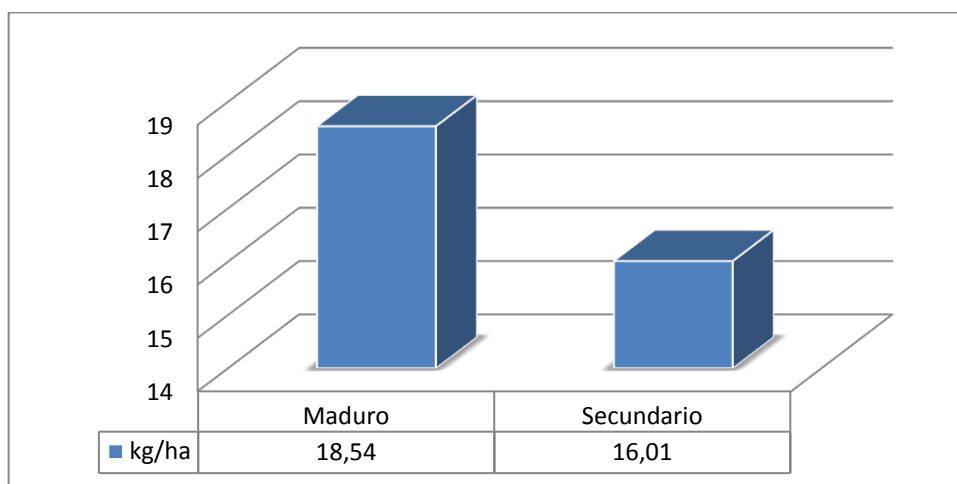


GRÁFICO 1. Contenido de nitrógeno entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de nitrógeno, en la presente investigación se reportan 18,54 kg/ha para bosque maduro y 16,01 kg/ha para bosque secundario (Gráfico 1), lo que difiere en gran medida con los 1370 kg/ha registrado por Markewitz et al. (2004) en los suelos de bosques maduros de Brasil. Los niveles de nitrógeno obtenidos en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador se ubican en rangos muy bajos según Servagro (2010) en su tabla de interpretación del nitrógeno (Anexo 9).

2. Contenido de fósforo (P) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el contenido de fósforo del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 8), no presentó diferencias significativas entre lugares y entre bosques.

El coeficiente de variación fue 39,94 %.

El promedio de fósforo presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 35,03 kg/ha.

CUADRO 8. Análisis de varianza según el contenido de fósforo del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	427,63	3	142,54	0,73	0,5414	
Lugar	410,74	2	205,37	1,05	0,3591	Ns
Bosque	19,89	1	19,89	0,10	0,7516	Ns
Error	9620,64	49	196,34			
Total	10048,27	52				
CV %			39,94			
Media			35,03			

Elaboración: Aules, J. (2013)

Ns: No Significativo

Según el contenido de fósforo en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador no existieron diferencias significativas, sin embargo se presentan diferencias aritméticas (Gráfico 2).

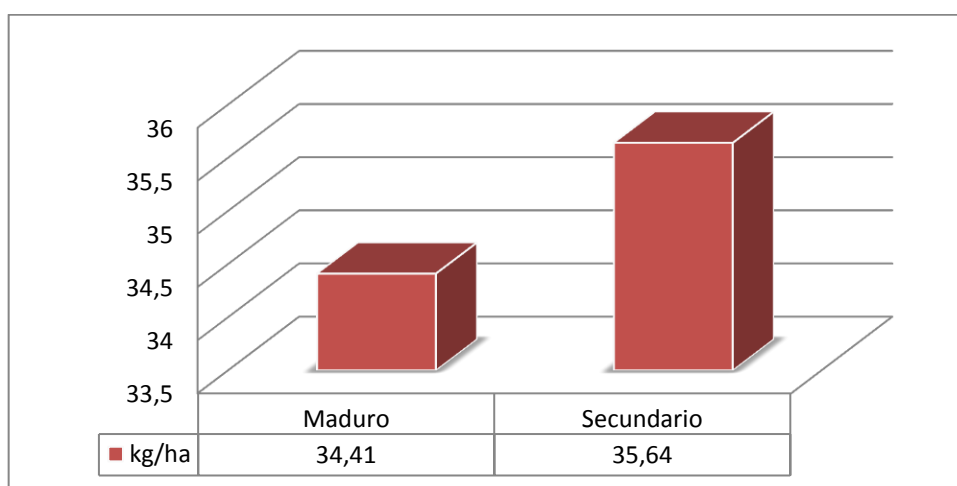


GRÁFICO 2. Contenido de fósforo entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de fósforo, en la presente investigación se reportan 34,41 kg/ha para bosque maduro y 35,64 kg/ha para bosque secundario (Gráfico 2), lo que difiere en gran medida con los 41 kg/ha registrado por Markewitz et al. (2004) en los suelos de bosques maduros de Brasil.

Los niveles de fósforo obtenidos en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador se ubican en rangos normales según Servagro (2010) en su tabla de interpretación del fósforo (Anexo 10).

3. Contenido de potasio (K) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 9), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 24,14 %.

El promedio de potasio presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 1466,11 kg/ha.

CUADRO 9. Análisis de varianza según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	6784203,53	3	2261401,18	18,08	<0,0001	
Lugar	4220693,73	2	2110346,87	16,87	<0,0001	**
Bosque	2447792,74	1	2447792,74	19,57	0,0001	*
Error	6129457,63	49	125090,97			
Total	12913661,15	52				
CV %			24,14			
Media			1466,11			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

* : Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de potasio de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 10) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Río Palenque con unas medias de 1723,03 y 1601,53 kg/ha de potasio respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Pastaza con un valor de 1073,76 kg/ha.

Entre bosques, en la prueba de Tukey al 5% según el contenido de potasio (Cuadro 11) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó al bosque secundario con una media de 1681,13 kg/ha de potasio; mientras que en el rango “B” se ubicó al bosque maduro con un valor de 1251,08 kg/ha.

CUADRO 10. Prueba de Tukey al 5% entre lugares según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	1723,03	17	85,83	A
Río Palenque	1601,53	18	83,36	A
Pastaza	1073,76	18	83,36	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

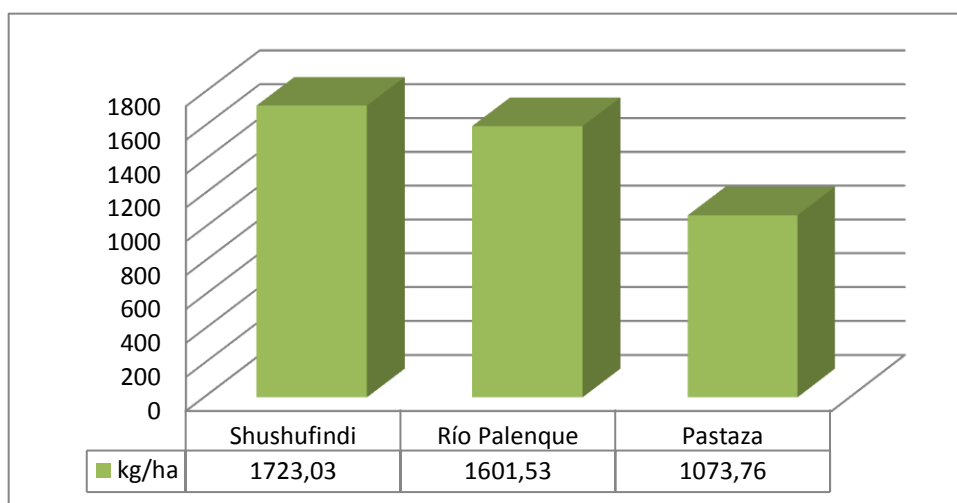


GRÁFICO 3. Contenido de potasio entre lugares en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

CUADRO 11. Prueba de Tukey al 5% entre bosques según el contenido de potasio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

BOSQUE	Medias	n	E.E.	
Secundario	1681,13	27	68,07	A
Maduro	1251,08	26	69,41	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

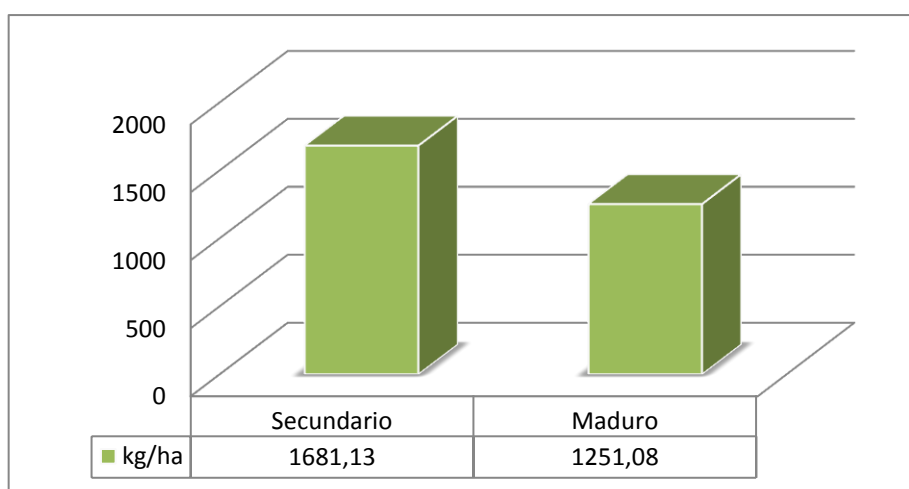


GRÁFICO 4. Contenido de potasio entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de potasio, en la presente investigación se reportan 1251,08 kg/ha para bosque maduro y 1681,13 kg/ha para bosque secundario (Gráfico 4), lo que discrepa en gran medida con los 343 kg/ha registrado por Markewitz et al. (2004) en los suelos de bosques maduros de Brasil. En cambio, en los bosques de la zona Andina de Colombia según Rodríguez et al. (2009) se alcanzan niveles de potasio de 485,16 kg/ha (Anexo 7), diferenciándose de los bosques húmedos tropicales del Ecuador con 1466,11 kg/ha (Cuadro 9).

Los niveles de potasio obtenidos en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador se ubican en rangos normales y ligeramente altos según Servagro (2010) en su tabla de interpretación del potasio (Anexo 11).

4. Contenido de calcio (Ca) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Los contenidos de calcio en todos los lugares de investigación sobrepasan los 8000 kg/ha (Gráfico 5), debido a que los resultados son constantes entre edad del bosque y entre sitios, no hay diferencia significativa entre ellos. Esto ocurre en todos los horizontes del suelo O, A, C y suelo incubado que fueron analizados.

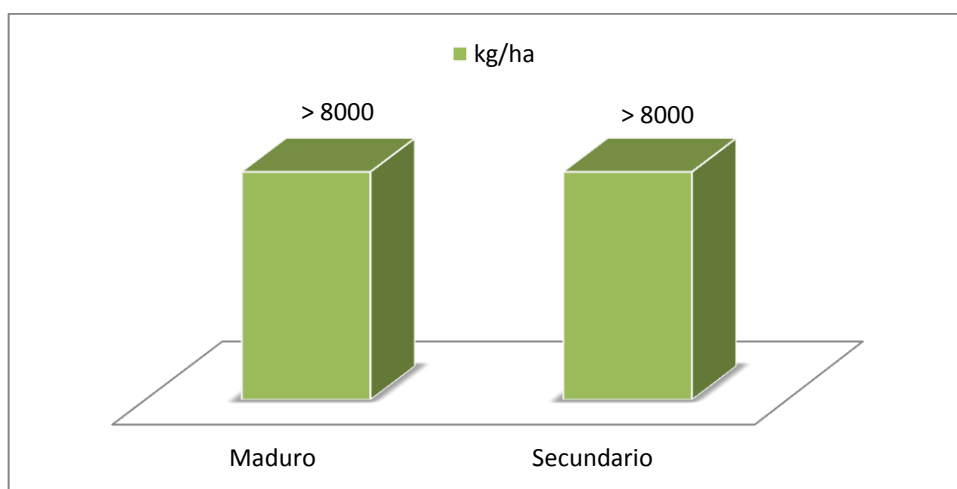


GRÁFICO 5. Contenido de calcio entre edades del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de calcio, en la presente investigación se reportan concentraciones mayores a 8000 kg/ha tanto en bosque maduro como en bosque secundario (Gráfico 5), lo que discrepa con los 487 kg/ha registrado por Markewitz et al. (2004) en los suelos de bosques maduros de Brasil. En cambio, en los bosques de la zona Andina de Colombia según Rodríguez et al. (2009) se alcanzan niveles de calcio de 5733,54 kg/ha (Anexo 7), diferenciándose de los bosques húmedos tropicales del Ecuador.

Los niveles de calcio obtenidos en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador se ubican en rangos bajos según Servagro (2010) en su tabla de interpretación del calcio (Anexo 12).

5. Contenido de magnesio (Mg) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el contenido de magnesio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 12), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 36,10 %.

El promedio de magnesio presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 1532,25 kg/ha.

CUADRO 12. Análisis de varianza según el contenido de magnesio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	13607323,71	3	4535774,57	14,95	<0,0001	
Lugar	12689099,24	2	6344549,62	20,91	<0,0001	**
Bosque	799176,84	1	799176,84	2,63	0,1110	Ns
Error	14867375,18	49	303415,82			
Total	28474698,89	52				
CV %			36,10			
Media			1532,25			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de magnesio de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 13) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Río Palenque con un valor de 1989,01 y 1753,33 kg/ha de magnesio respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Pastaza con un valor de 854,40 kg/ha.

CUADRO 13. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	1989,01	17	133,67	A
Río Palenque	1753,33	18	129,83	A
Pastaza	854,40	18	129,83	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

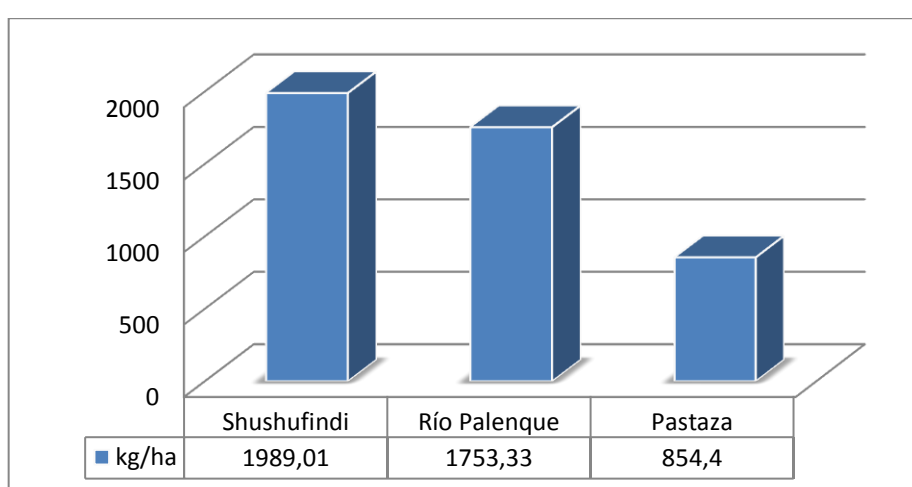


GRÁFICO 6. Contenido de magnesio entre lugares en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de magnesio, en la presente investigación se reportan 1409,38 kg/ha para bosque maduro y 1655,11 kg/ha para bosque secundario (Anexo 15), lo que difiere con los 131 kg/ha registrado por Markewitz et al. (2004) en los suelos de bosques maduros de Brasil. En cambio, en los bosques de la zona Andina de Colombia según Rodríguez et al. (2009) se alcanzan niveles de magnesio de 817,20 kg/ha (Anexo 7), difiriendo en gran medida de los bosques húmedos tropicales del Ecuador con 1532,25 kg/ha (Cuadro 12).

Los niveles de magnesio obtenidos en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador se ubican en rangos bajos según Servagro (2010) en su tabla de interpretación del magnesio (Anexo 13).

6. Contenido de materia orgánica (MO) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el contenido de materia orgánica del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 14), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 21,29 %.

El promedio de materia orgánica presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 105,70 t/ha.

CUADRO 14. Análisis de varianza según el contenido de materia orgánica del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	19976,02	3	6658,67	13,23	<0,0001	
Lugar	18531,93	2	9265,96	18,41	<0,0001	**
Bosque	1233,36	1	1233,36	2,45	0,1240	Ns
Error	24668,66	49	503,44			
Total	44644,68	52				
CV %			21,29			
Media			105,70			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de materia orgánica de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 15) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Pastaza con un valor de 126,19 y 110 t/ha respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Río Palenque con un valor de 80,89 t/ha.

CUADRO 15. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de materia orgánica del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	126,19	17	5,44	A
Pastaza	110,00	18	5,29	A
Rio Palenque	80,89	18	5,29	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

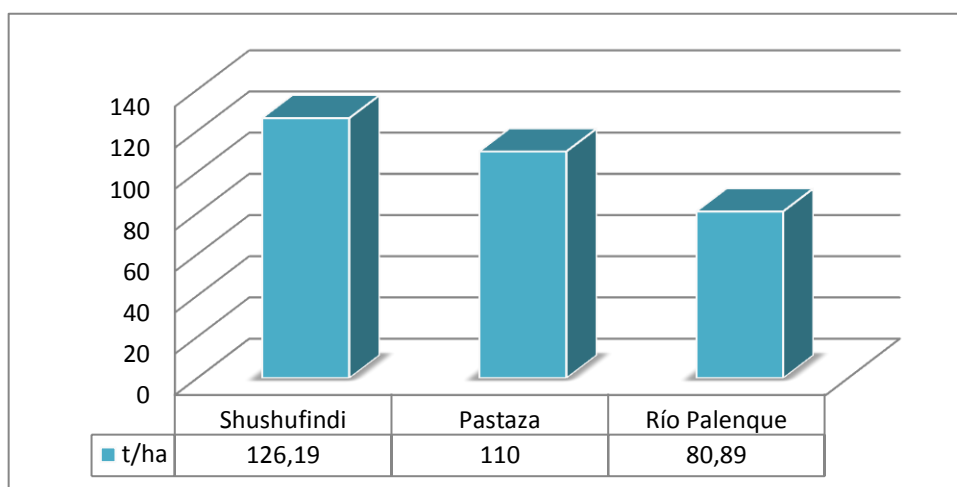


GRÁFICO 7. Contenido de materia orgánica entre lugares en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Los niveles de materia orgánica en Shushufindi, Pastaza y Río Palenque con 126,19, 110 y 80,89 t/ha respectivamente se encuentran en el rango de alto contenido (Anexo 8).

7. Relación carbono/nitrógeno (C/N) del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según la relación C/N del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 16), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 41,80 %.

El promedio de la relación C/N presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 22,41.

CUADRO 16. Análisis de varianza según la relación C/N del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	11122,10	3	3707,37	42,83	<0,0001	
Lugar	11087,93	2	5543,96	64,05	<0,0001	**
Bosque	21,54	1	21,54	0,25	0,6201	Ns
Error	4241,37	49	86,56			
Total	15363,47	52				
CV %			41,80			
Media			22,41			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según la relación C/N de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 17) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Río Palenque y Shushufindi con un valor de 34,07 y 31 de relación C/N respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Pastaza con 2,15 de relación C/N.

CUADRO 17. Prueba de Tukey al 5% según la relación C/N del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Río Palenque	34,07	18	2,19	A
Shushufindi	31,00	17	2,26	A
Pastaza	2,15	18	2,19	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

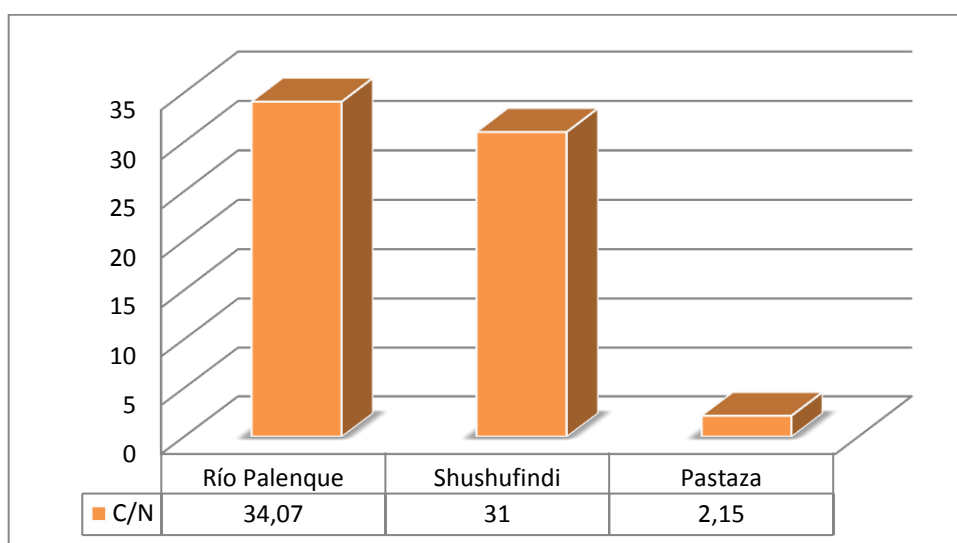


GRÁFICO 8. Relación carbono/nitrógeno entre lugares en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según la relación carbono/nitrógeno, en la presente investigación se reporta una media de 22,41 (Cuadro 16), es decir, se encuentra en una relación alta de acuerdo a Servagro (2010). Considerando la edad del bosque se encuentra en estos rangos (Anexo 15), y tomando en consideración a los lugares de establecimiento: Río Palenque y Shushufindi registran relaciones altas y Pastaza relaciones muy bajas (Gráfico 8). Por esta razón Pastaza tiene mayor tasa de mineralización.

8. Porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el análisis de varianza según el porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 18), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 15,71 %.

El promedio de porcentaje de humedad presente en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 38,10%.

CUADRO 18. Análisis de varianza según el porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	7380,28	3	2460,09	68,35	<0,0001	
Lugar	7329,51	2	3664,76	101,83	<0,0001	**
Bosque	40,32	1	40,32	1,12	0,2950	Ns
Error	1763,54	49	35,99			
Total	9143,83	52				
CV %			15,71			
Media			38,10			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el porcentaje de humedad de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 19) presentaron tres rangos; en el rango “A” se ubicó a Pastaza con un valor de 54,33%; en el rango “B” a Shushufindi con 32,57% y en el rango “C” se ubicó a Río Palenque con un valor de 27,38% de humedad.

CUADRO 19. Prueba de Tukey al 5% según el porcentaje de humedad del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Pastaza	54,33	18	1,41	A
Shushufindi	32,57	17	1,46	B
<u>Río Palenque</u>	<u>27,38</u>	<u>18</u>	<u>1,41</u>	<u>C</u>

Elaboración: Aules, J. (2013)

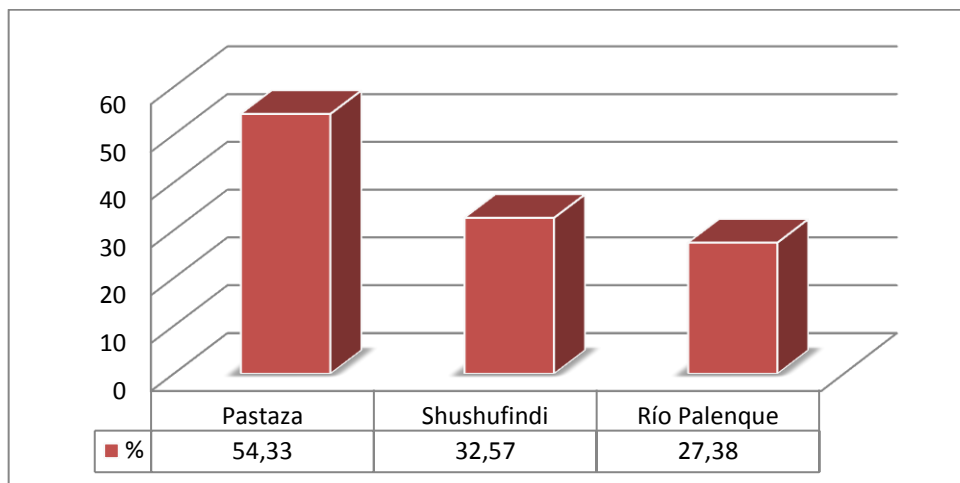


GRÁFICO 9. Porcentaje de humedad entre lugares en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el gráfico 9, se observa que Pastaza tiene el mayor porcentaje de humedad en el suelo en relación a Río Palenque, esto significa que Pastaza posee baja área específica, mayor liberación de nutrientes y hojas más suaves. Shushufindi se encuentra en un rango intermedio en la disponibilidad de nutrientes (Gráfico 26).

CUADRO 20. Datos de carbono orgánico obtenidos en el análisis químico del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	CARBONO ACUMULADO POR HORIZONTE (t/ha)				CARBONO ACUMULADO TOTAL (t/ha)
			O	A	B	C	
PASTAZA	MADURO	1	53,36	61,48		56,84	171,68
PASTAZA	MADURO	2	47,56	58,00		60,32	165,88
PASTAZA	MADURO	3	67,28	100,92		68,44	236,64
PASTAZA	SECUNDARIO	1	66,12	67,28		66,12	199,52
PASTAZA	SECUNDARIO	2	60,32	58,00		64,96	183,28
PASTAZA	SECUNDARIO	3	62,64	67,28		61,48	191,40
RIO PALENQUE	MADURO	1	45,24	37,12	23,20	44,08	149,64
RIO PALENQUE	MADURO	2	48,72	34,80	41,76	41,76	167,04
RIO PALENQUE	MADURO	3	51,04	41,76	41,76	48,72	183,28
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	1	46,40	60,32		41,76	148,48
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	2	59,16	60,32		41,76	161,24
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	3	44,08	58,00		39,44	141,52
SHUSHUFINDI	MADURO	1	90,48	69,60		55,68	215,76
SHUSHUFINDI	MADURO	2	87,00	81,20			168,20
SHUSHUFINDI	MADURO	3	69,60	46,40		41,76	157,76
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	71,92	58,00		69,60	199,52
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	104,40	95,12		51,04	250,56
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	99,76	85,84		69,60	255,20

Elaboración: Aules, J. (2013)

9. Contenido de carbono acumulado (C)

En el análisis de varianza según el contenido de carbono acumulado del suelo de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 21), presentó diferencias estadísticas significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 15,70 %.

El total de carbono acumulado en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 185,92 t/ha.

CUADRO 21. Análisis de varianza según el contenido de carbono acumulado en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	8294,20	3	2764,73	3,25	0,0542	
Lugar	7561,52	2	3780,76	4,44	0,0322	*
Bosque	732,68	1	732,68	0,86	0,3694	Ns
Error	11926,95	14	851,92			
<u>Total</u>	<u>20221,15</u>	<u>17</u>				
CV %			15,70			
<u>Media</u>			<u>185,92</u>			

Elaboración: Aules, J. (2013)

*: Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de carbono acumulado de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 22) presentaron 2 rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi con un valor de 207,83 t/ha, en el rango “B” se ubicó a Río Palenque con un valor de 158,53 t/ha; mientras que a Pastaza se le ubicó en un rango intermedio con 191,40 t/ha.

CUADRO 22. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de carbono acumulado en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	207,83	6	11,92	A
Pastaza	191,40	6	11,92	A B
Río Palenque	158,53	6	11,92	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

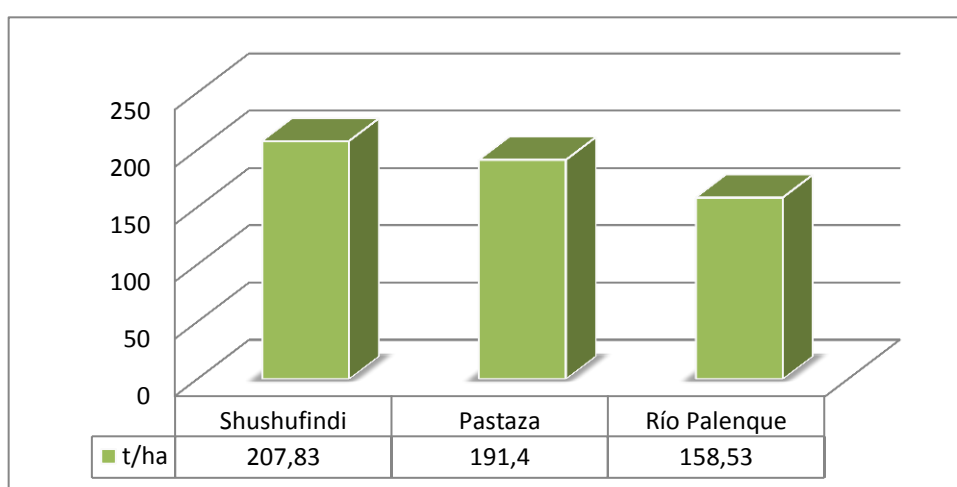


GRÁFICO 10. Carbono acumulado entre lugares en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de carbono acumulado, en la presente investigación se reportan 179 t/ha para bosque maduro y 192 t/ha para bosque secundario (Anexo 15), lo que discrepa en gran medida con los 60 y 64 t/ha en suelos de bosques maduros y secundarios respectivamente (Anexo 4), registrados por Reiners et al. (1994). Además, se observa que en ambos casos el bosque secundario acumula más carbono.

A pesar que Shushufindi, Pastaza y Río palenque acumulan 207,83, 191,4 y 158,53 t/ha respectivamente, la media total de carbono registrado en esta investigación fue de 185,92 t/ha y comparado al valor de 250 t/ha citado por el Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador (1999) se puede considerar aceptable para los bosques húmedos tropicales del Ecuador.

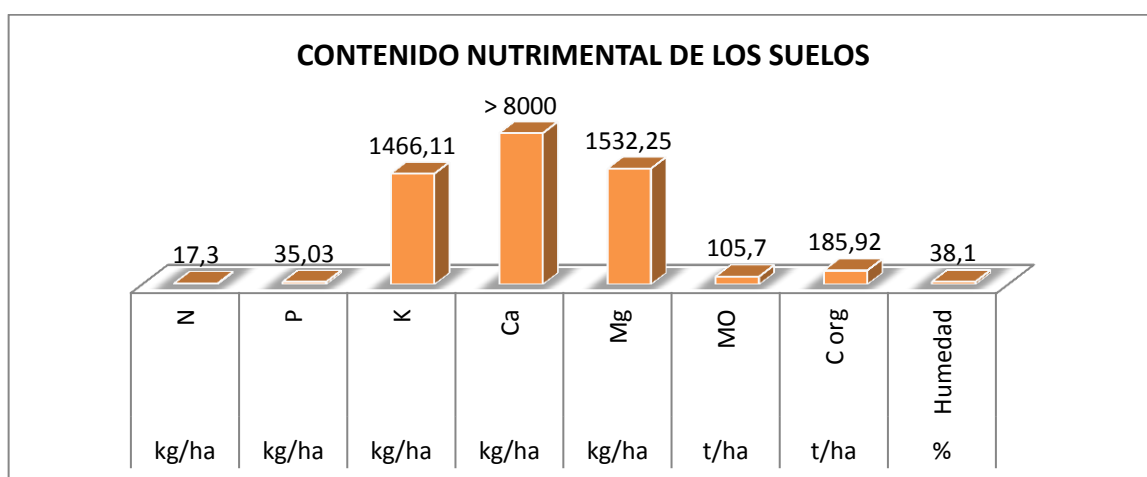


GRÁFICO 11. Contenido nutrimental de los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el gráfico 11, se observan las medias de los nutrimentos presentes tanto en bosque maduro como en bosque secundario y lugares de establecimiento de la investigación. Independientemente de la causa, a pesar de no existir diferencias significativas entre niveles de bosques, las concentraciones de fósforo, potasio, magnesio, materia orgánica y carbono fueron aritméticamente más altos que los encontrados en bosque maduro.

De acuerdo a la investigación realizada, se concuerda con el estudio de Buschbacher et al. (1988), que la intensidad del uso del suelo determina los niveles de nutrientes en los suelos de bosque secundario en relación al bosque maduro.

C. TASA DE MINERALIZACIÓN

CUADRO 23. Datos obtenidos en el análisis químico del suelo incubado del horizonte O de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	SUELO INCUBADO DEL HORIZONTE O						
			kg/ha					t/ha	
			N	P	K	Ca	Mg	M.O	C/N
PASTAZA	MADURO	1	64,29	30,60	1969,60	> 8000	1440,00	114,00	25,43
PASTAZA	MADURO	2	71,28	36,00	1425,60	> 8000	1632,00	100,00	14,50
PASTAZA	MADURO	3	56,53	38,00	1334,80	> 8000	1704,00	116,00	16,82
PASTAZA	SECUNDARIO	1	50,47	26,40	1702,60	> 8000	1896,00	102,00	18,49
PASTAZA	SECUNDARIO	2	52,80	33,20	1751,20	> 8000	1536,00	112,00	18,04
PASTAZA	SECUNDARIO	3	52,34	34,00	1120,20	> 8000	1560,00	116,00	25,88
R. PALENQUE	MADURO	1	29,51	62,80	1043,40	> 8000	360,00	88,00	17,01
R. PALENQUE	MADURO	2	20,50	61,00	412,40	> 8000	744,00	64,00	14,28
R. PALENQUE	MADURO	3	21,74	45,60	606,80	> 8000	696,00	88,00	19,63
R. PALENQUE	SECUNDARIO	1	22,21	26,80	728,00	> 8000	792,00	76,00	13,78
R. PALENQUE	SECUNDARIO	2	25,78	53,40	897,80	> 8000	912,00	62,00	11,24
R. PALENQUE	SECUNDARIO	3	19,57	16,00	873,60	> 8000	720,00	64,00	10,92
SHUSHUFINDI	MADURO	1	33,86	34,80	1905,00	> 8000	2184,00	130,00	23,56
SHUSHUFINDI	MADURO	2	43,48	49,60	1713,40	> 8000	2952,00	138,00	23,54
SHUSHUFINDI	MADURO	3	48,61	53,60	1631,60	> 8000	3144,00	128,00	23,20
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	29,35	53,40	1966,80	> 8000	1392,00	150,00	25,59
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	21,43	65,00	1694,60	> 8000	1488,00	140,00	23,88
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	27,49	49,40	1684,20	> 8000	1872,00	128,00	24,75

Elaboración: Aules, J. (2013)

CUADRO 24. Datos de nitrógeno inicial y nitrógeno mineralizado del horizonte orgánico de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ARBOL	MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO	
			kg/ha	
			N inicial	Nm (7 días)
PASTAZA	MADURO	1	24,85	64,29
PASTAZA	MADURO	2	21,43	71,28
PASTAZA	MADURO	3	24,54	56,53
PASTAZA	SECUNDARIO	1	21,28	50,47
PASTAZA	SECUNDARIO	2	23,30	52,80
PASTAZA	SECUNDARIO	3	20,34	52,34
R. PALENQUE	MADURO	1	26,40	29,51
R. PALENQUE	MADURO	2	22,67	20,50
R. PALENQUE	MADURO	3	19,41	21,74
R. PALENQUE	SECUNDARIO	1	25,47	22,21
R. PALENQUE	SECUNDARIO	2	21,59	25,78
R. PALENQUE	SECUNDARIO	3	21,74	19,57
SHUSHUFINDI	MADURO	1	34,79	33,86
SHUSHUFINDI	MADURO	2	42,71	43,48
SHUSHUFINDI	MADURO	3	45,81	48,61
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	24,85	29,35
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	23,76	21,43
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	20,97	27,49
MEDIAS			25,88	38,40

Elaboración: Aules, J. (2013)

1. Contenido de nitrógeno (N) en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según el contenido de nitrógeno del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 25), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 15,49 %.

El promedio de nitrógeno en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 38,40 kg/ha.

CUADRO 25. Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	4224,49	3	1408,16	39,79	<0,0001	
Lugar	3790,74	2	1895,37	53,55	<0,0001	**
Bosque	433,75	1	433,75	12,26	0,0035	*
Error	495,49	14	35,39			
Total	4719,97	17				
CV %			15,49			
Media			38,40			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

* : Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de nitrógeno de los suelos incubados de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 26) presentaron tres rangos; en el rango “A” se ubicó a Pastaza con un valor de 57,95 kg/ha, en el rango “C” a Río Palenque con una media de 23,22 kg/ha; mientras que en el rango “B” se ubicó a Shushufindi con un valor de 34,04 kg/ha.

Entre bosques, en la prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en los suelos incubados (Cuadro 27) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó al bosque maduro con una media de 43,31 kg/ha; mientras que en el rango “B” se ubicó al bosque secundario con un valor de 33,49 kg/ha.

CUADRO 26. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Pastaza	57,95	6	2,43	A
Shushufindi	34,04	6	2,43	B
Río Palenque	23,22	6	2,43	C

Elaboración: Aules, J. (2013)

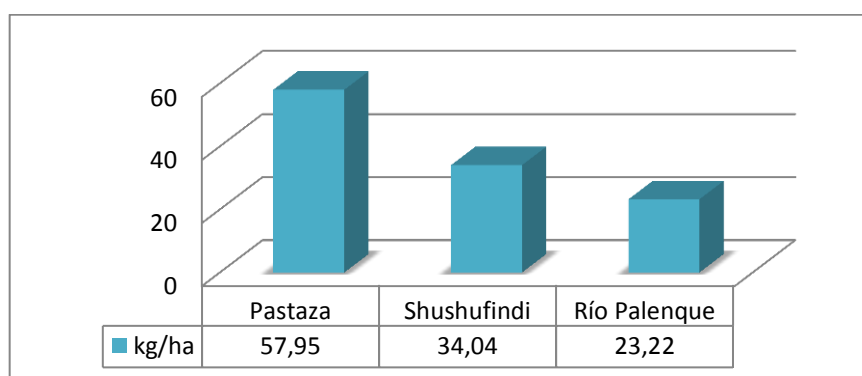


GRÁFICO 12. Contenido de nitrógeno incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el gráfico 12, se observa que Pastaza es el lugar con mayor proceso de mineralización, al compáralo con Río Palenque que presenta baja concentración de nitrógeno mineralizado, se asume a la disponibilidad de nitrógeno y humedad en el suelo para acelerar el proceso.

CUADRO 27. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

BOSQUE	Medias	n	E.E.	
Maduro	43,31	9	1,98	A
Secundario	33,49	9	1,98	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

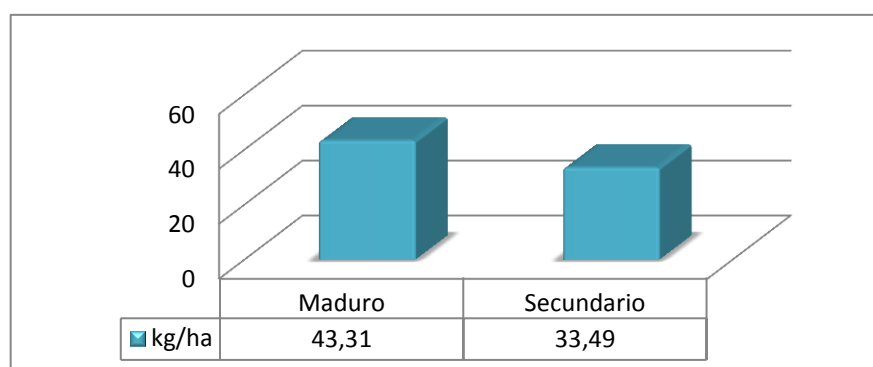


GRÁFICO 13. Contenido de nitrógeno incubado considerando la edad del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de nitrógeno mineralizado, en la presente investigación se reportan incrementos del 33 % en ambos tipos de bosques a los 7 días a 25°C (Anexo 16), lo que difiere en gran porcentaje al compararlo con los datos registrados por Reiners et al (1994) que arrojan incrementos del 92 y 83 % en bosque secundario y maduro respectivamente (Anexo 5). Esto debido al empleo del método de incubación utilizado y a condiciones más controladas.

2. Contenido de fósforo (P) en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según el contenido de fósforo del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 28), no presentó diferencias estadísticas entre lugares y entre bosques.

El coeficiente de variación fue 29,37 %.

El promedio de fósforo en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 42,76 kg/ha.

CUADRO 28. Análisis de varianza según el contenido de fósforo en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1149,77	3	383,26	2,43	0,1085	
Lugar	985,36	2	492,68	3,12	0,0756	Ns
Bosque	164,41	1	164,41	1,04	0,3246	Ns
Error	2208,19	14	157,73			
Total	3357,96	17				
CV %			29,37			
Media			42,76			

Elaboración: Aules, J. (2013)

Ns: No Significativo

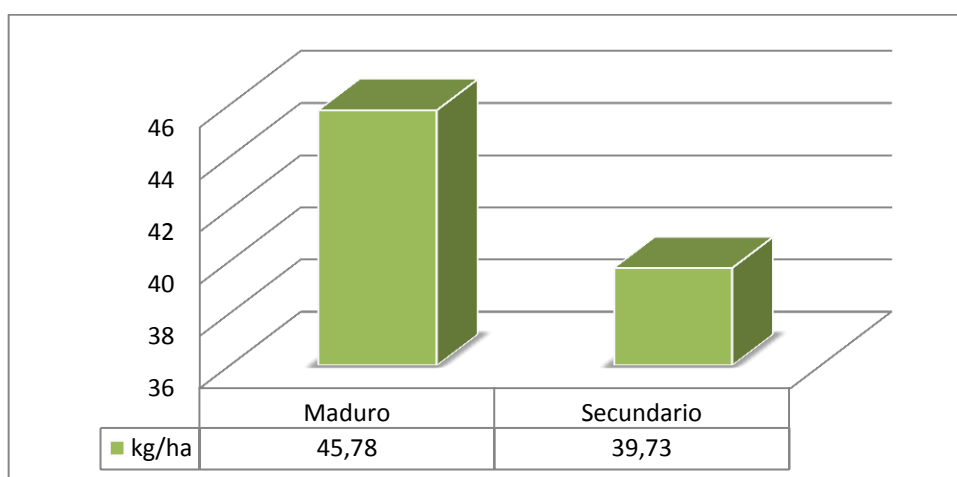


GRÁFICO 14. Contenido de fósforo incubado considerando la edad del bosque en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el proceso de incubación del horizonte orgánico, no se observan incrementos de fósforo, pero si se observa que en bosque maduro existe mayor disponibilidad de fósforo que en bosque secundario (Anexo 17).

3. Contenido de potasio (K) en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según el contenido de potasio del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 29), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 17,90 %.

El promedio de potasio en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 1358,98 kg/ha.

CUADRO 29. Análisis de varianza según el contenido de potasio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	3372266,69	3	1124088,90	19,00	<0,0001	
Lugar	3364395,75	2	1682197,88	28,43	<0,0001	**
Bosque	7870,94	1	7870,94	0,13	0,7208	Ns
Error	828262,82	14	59161,63			
<u>Total</u>	<u>4200529,51</u>	<u>17</u>				
CV %			17,90			
<u>Media</u>			<u>1358,98</u>			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de potasio de los suelos incubados de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 30) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Pastaza con un valor de 1765,93 y 1550,67 kg/ha respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Río Palenque con un valor de 760,33 kg/ha.

CUADRO 30. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de potasio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	1765,93	6	99,30	A
Pastaza	1550,67	6	99,30	A
Río Palenque	760,33	6	99,30	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

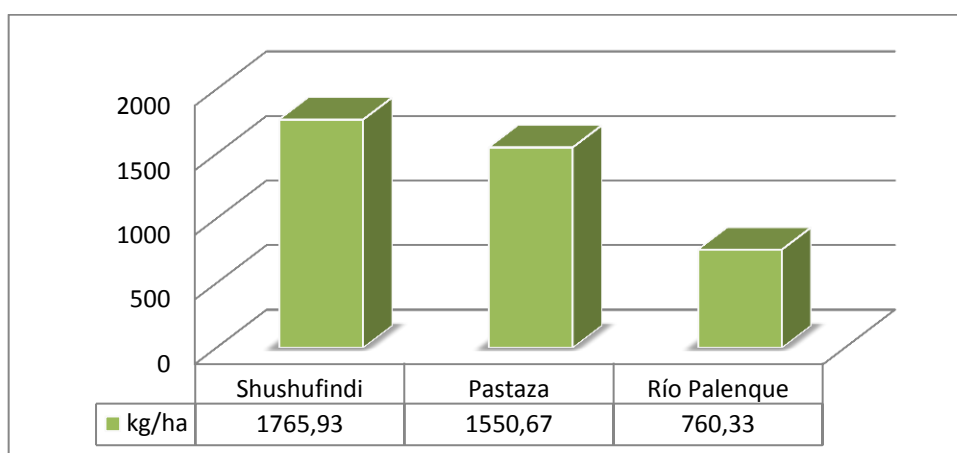


GRÁFICO 15. Contenido de potasio incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el proceso de incubación del horizonte orgánico, no se observan incrementos de potasio (Anexo 17), pero se observa que en Shushufindi y Pastaza hay mayor disponibilidad de potasio que en Río Palenque (Gráfico 15).

4. Contenido de magnesio (Mg) en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según el contenido de magnesio del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 31), presentó diferencias estadísticas significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 28,79 %.

El promedio de magnesio en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 1501,33 kg/ha.

CUADRO 31. Análisis de varianza según el contenido de magnesio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	7010880,00	3	2336960,00	12,51	0,0003	
Lugar	6609472,00	2	3304736,00	17,69	0,0001	*
Bosque	401408,00	1	401408,00	2,15	0,1648	Ns
Error	2615488,00	14	186820,57			
Total	9626368,00	17				
CV %			28,79			
Media			1501,33			

Elaboración: Aules, J. (2013)

*: Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de magnesio de los suelos incubados de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 32) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Pastaza con un valor de 2172 y 1628 kg/ha respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Río Palenque con un valor de 704 kg/ha.

CUADRO 32. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	2172,00	6	176,46	A
Pastaza	1628,00	6	176,46	A
Río Palenque	704,00	6	176,46	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

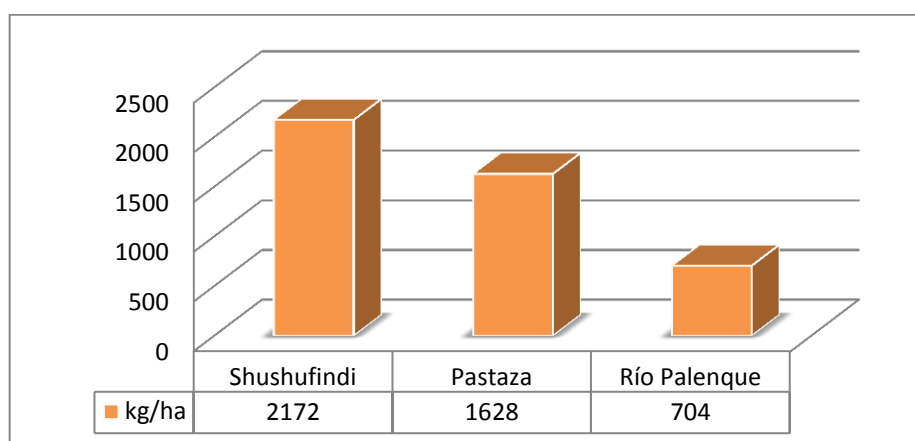


GRÁFICO 16. Contenido de magnesio incubado considerando el lugar en kg/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el proceso de incubación del horizonte orgánico, no se observan incrementos de magnesio (Anexo 17), pero se observa que en Shushufindi y Pastaza hay mayor disponibilidad de magnesio que en Río Palenque (Gráfico 16).

5. Contenido de materia orgánica (MO) en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según el contenido de materia orgánica del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 33), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 9,26 %.

El promedio de materia orgánica en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 106,45 t/ha.

CUADRO 33. Análisis de varianza según el contenido de materia orgánica en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	11660,00	3	3886,67	40,00	<0,0001	
Lugar	11645,78	2	5822,89	59,92	<0,0001	**
Bosque	14,22	1	14,22	0,15	0,7078	Ns
Error	1360,44	14	97,17			
<u>Total</u>	<u>13020,44</u>	<u>17</u>				
CV %			9,26			
<u>Media</u>			<u>106,45</u>			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de materia orgánica de los suelos incubados de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 34) presentaron tres rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi con un valor de 135,67 t/ha, en el rango “C” se ubicó a Río Palenque con una media de 73,67 t/ha; mientras que Pastaza se ubicó en un rango intermedio con un valor de 73,67 t/ha.

CUADRO 34. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de materia orgánica en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	135,67	6	4,02	A
Pastaza	110,00	6	4,02	B
Río Palenque	73,67	6	4,02	C

Elaboración: Aules, J. (2013)

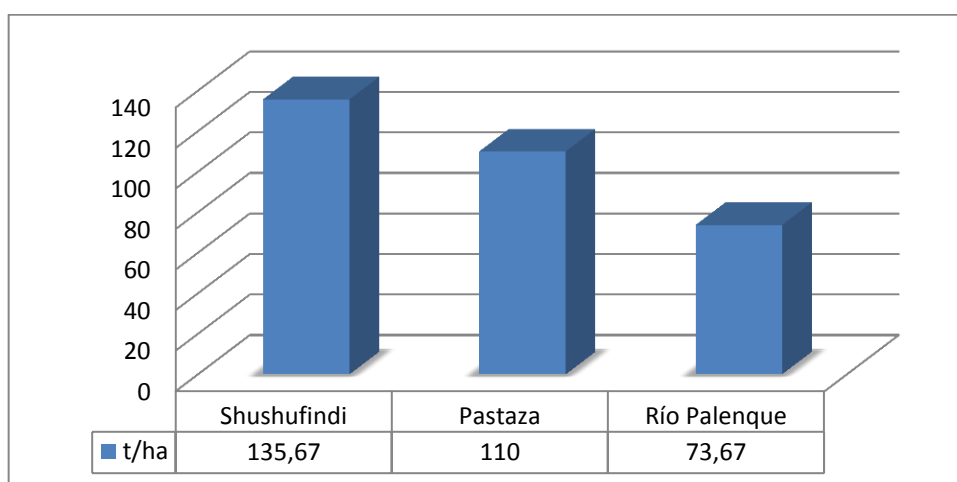


GRÁFICO 17. Contenido de materia orgánica incubada considerando el lugar en t/ha en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el proceso de incubación del horizonte orgánico, no se observan incrementos de materia orgánica (Anexo 17), pero se observa que en Shushufindi y Pastaza hay mayor disponibilidad de materia orgánica que en Río Palenque (Gráfico 17).

6. Relación C/N en el horizonte O incubado

En el análisis de varianza según la relación C/N del suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 35), presentó diferencias estadísticas significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 17,87 %.

El promedio de relación C/N en el suelo incubado de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 19,48.

CUADRO 35. Análisis de varianza según la relación C/N en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	280,01	3	93,34	7,71	0,0028	
Lugar	278,39	2	139,20	11,49	0,0011	*
Bosque	1,62	1	1,62	0,13	0,7200	Ns
Error	169,54	14	12,11			
<u>Total</u>	<u>449,55</u>	<u>17</u>				
CV %			17,87			
<u>Media</u>			<u>19,48</u>			

Elaboración: Aules, J. (2013)

*: Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según la relación C/N de los suelos incubados de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 36) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi y Pastaza con un valor de 24,09 y 19,86 respectivamente; mientras que en el rango “B” se ubicó a Río Palenque con un valor de 14,48.

CUADRO 36. Prueba de Tukey al 5% según la relación C/N en el horizonte O incubado de los bosques húmedos tropicales

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	24,09	6	1,42	A
Pastaza	19,86	6	1,42	A
Río Palenque	14,48	6	1,42	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

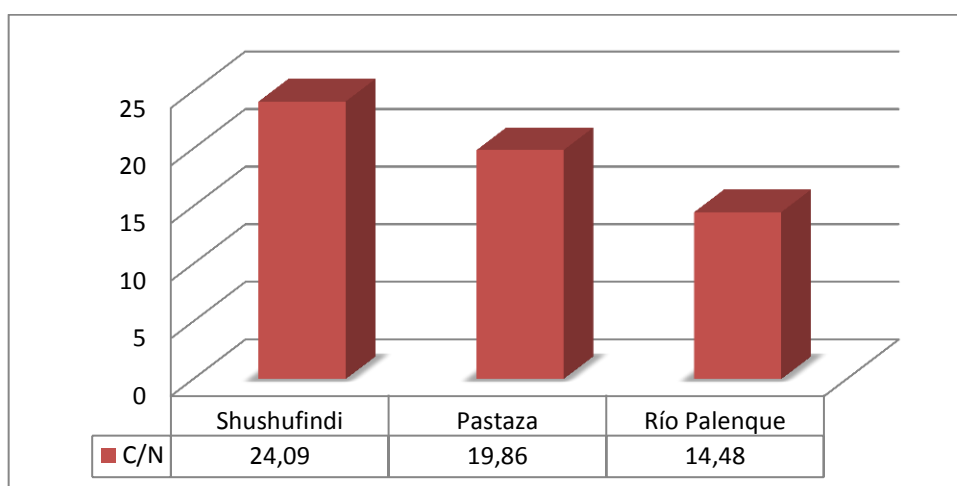


GRÁFICO 18. Relación carbono/nitrógeno luego de incubar el horizonte O considerando el lugar en los suelos de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

En el proceso de incubación del horizonte orgánico, se observan incrementos de la relación carbono/nitrógeno pero no son significativos, lo que explica por qué el nitrógeno en el proceso de mineralización aumenta en igual proporción en bosque maduro y secundario (Anexo 16). En Shushufindi y Pastaza existe mayor relación carbono/nitrógeno que en Río Palenque (Gráfico 18).

D. CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LAS HOJAS DE LOS BOSQUES HUMEDOS TROPICALES DEL ECUADOR

CUADRO 37. Datos obtenidos en el análisis químico de hojas secas y descompuestas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	HOJAS DESCOMPUESTAS					HOJAS SECAS					
			g/kg					g/kg					cm²/g
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	Área Esp.
PASTAZA	MADURO	1	12	3,4	21	9,2	0,87	1	2	3,6	10	0,76	61,31
PASTAZA	MADURO	2	15	2,6	18	8,7	0,95	1	2,4	2,7	23	0,84	82,71
PASTAZA	MADURO	3	16	4,7	25	11	0,83	0,7	2,3	3,8	50	0,84	65,05
PASTAZA	SECUNDARIO	1	17	2,9	20	8,7	0,62	0,7	2,3	3,3	10	0,94	60,04
PASTAZA	SECUNDARIO	2	13	3,1	24	9,9	0,91	0,8	2,3	3,1	60	0,89	60,95
PASTAZA	SECUNDARIO	3	16	3,1	19	13	0,82	0,8	2,2	2,9	35	0,85	65,59
RIO PALENQUE	MADURO	1	18,2	1,4	37	18	0,5	0,6	2	3	6,3	0,66	107,06
RIO PALENQUE	MADURO	2	15,4	2,1	55	37	0,6	0,6	2,3	3,3	2	0,97	92,21
RIO PALENQUE	MADURO	3	25,2	1,8	64	19	0,1	0,8	2,3	2,3	1,2	0,72	99,47
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	1	18,2	2,3	70	56	0,6	0,9	2,4	3,6	1,9	0,91	115,72
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	2	16,8	2,5	54	59	0,1	0,7	2,1	2,1	5,2	0,74	105,54
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	3	25,2	2,1	60	48	0,2	0,8	2,4	3,3	1,4	0,82	94,13
SHUSHUFINDI	MADURO	1	8,3	1,1	17	18	6,7	6,7	0,5	16	13	6,2	90,20
SHUSHUFINDI	MADURO	2	7,2	1	10	13	8,2	8,3	0,8	16	14	9,1	79,41
SHUSHUFINDI	MADURO	3	7,2	1,3	18	19	9,6	8,7	1	16	12	8,6	98,63
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	7,8	1,4	28	12	1,4	8,5	0,7	14	10	8,4	90,47
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	8,3	1,8	20	16	2,1	8,1	1	17	12	6,2	64,27
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	7,8	1,1	24	21	9,4	8,5	1	15	9,9	8,7	47,23

Elaboración: Aules, J. (2013)

1. Contenido de nitrógeno (N) en las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el contenido de nitrógeno en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 38), presentó diferencias estadísticas significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 16,17 %.

El promedio de nitrógeno en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 8,69g/kg.

CUADRO 38. Análisis de varianza según el contenido de nitrógeno en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	23,60	3	7,87	3,98	0,0303	
Lugar	22,92	2	11,46	5,80	0,0146	*
Bosque	0,68	1	0,68	0,34	0,5665	Ns
Error	27,65	14	1,97			
Total	51,25	17				
CV %			16,17			
Media			8,69			

Elaboración: Aules, J. (2013)

*: Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de nitrógeno de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 39) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Río Palenque con un valor de 10,28 g/kg; mientras que en el rango “B” se ubicó a Shushufindi y Pastaza con un valor de 7,95 y 7,83 g/kg respectivamente. Esto debido a que en Río Palenque las hojas de *Cecropia* son de mayor tamaño, es decir, concentran más contenido de elementos nutrimentales en relación a las hojas de *Cecropia* de los otros sitios de estudio que son más pequeñas (Anexo 19).

CUADRO 39. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de nitrógeno en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Río Palenque	10,28	6	0,57	A
Shushufindi	7,95	6	0,57	B
Pastaza	7,83	6	0,57	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

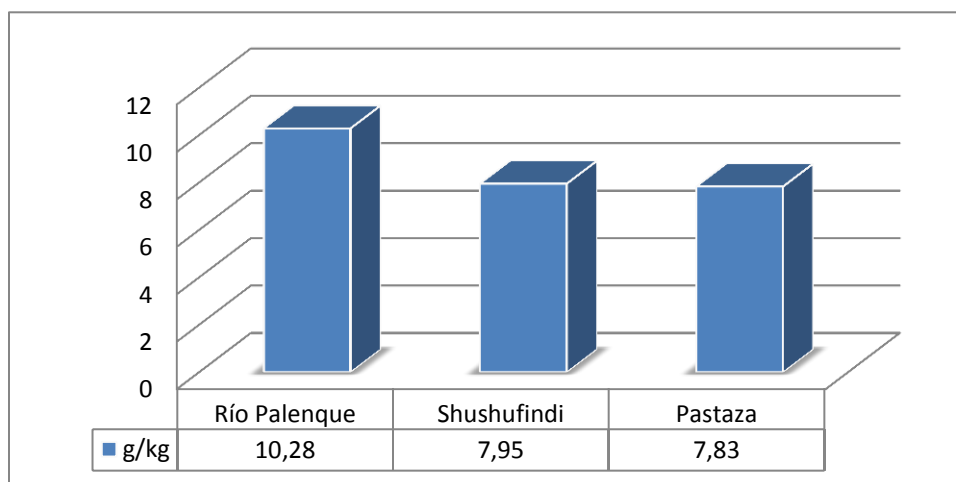


GRÁFICO 19. Contenido de nitrógeno en g/kg en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de nitrógeno en las hojas, en bosques secundarios de la Amazonía central de Brasil se reporta 15,66 g/kg (Anexo 3) de acuerdo con Feldpausch et al. (2010), lo que difiere en un 43,3 % menos en los bosques secundarios y en un 45,8 % menos en los bosques maduros del bosque húmedo tropical del Ecuador (Anexo 18). En cambio, el bosque secundario comparado con el bosque maduro difiere en un 4 % en la presente investigación.

A pesar de existir variaciones en la concentración de nitrógeno en los lugares de establecimiento (Gráfico 19), estos se encuentran en los niveles bajos de acuerdo al contenido nutrimental en hojas según Servagro (2010).

2. Contenido de fósforo (P) en las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el contenido de fósforo en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 40), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 14,22 %.

El promedio de fósforo en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 1,99 g/kg.

CUADRO 40. Análisis de varianza según el contenido de fósforo en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	9,08	3	3,03	37,75	<0,0001	
Lugar	9,04	2	4,52	56,38	<0,0001	**
Bosque	0,04	1	0,04	0,50	0,4909	Ns
Error	1,12	14	0,08			
Total	10,21	17				
CV %			14,22			
Media			1,99			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de fósforo de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 41) presentaron tres rangos; en el rango “A” se ubicó a Pastaza con un valor de 2,78 g/kg, en el rango “C” se ubicó a Shushufindi con una media de 1,06 g/kg; mientras que a Río Palenque se le ubicó en un rango intermedio con un valor de 2,14 g/kg. A pesar de que Pastaza posee hojas de *Cecropia* de menor tamaño tiene los niveles más altos de fósforo (Anexo 19), se asume a la concentración de fósforo en el suelo, es decir, la cantidad de fósforo en las hojas es directamente proporcional a los niveles de este elemento en el suelo (Anexo 20).

CUADRO 41. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de fósforo en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Pastaza	2,78	6	0,12	A
Río Palenque	2,14	6	0,12	B
Shushufindi	1,06	6	0,12	C

Elaboración: Aules, J. (2013)

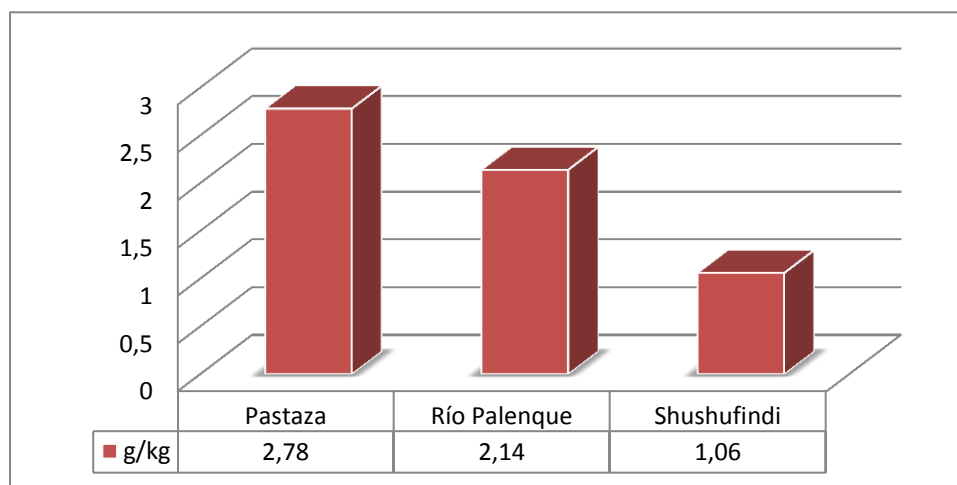


GRÁFICO 20. Contenido de fósforo en g/kg en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de fósforo en las hojas, en bosques secundarios de la Amazonía central de Brasil se reporta 0,70 g/kg (Anexo 3) de acuerdo con Feldpausch et al. (2010), lo que difiere en un 65,7 % más en los bosques secundarios y en un 63,9 % más en los bosques maduros del bosque húmedo tropical del Ecuador (Anexo 18). En cambio, el bosque secundario comparado con el bosque maduro difiere en un 5 % en la presente investigación.

Las concentraciones de fósforo en los lugares de establecimiento son diferentes (Gráfico 20), encontrándose en los niveles bajos de acuerdo al contenido nutrimental en hojas según Servagro (2010).

3. Contenido de potasio (K) en las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el contenido de potasio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 42), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 17,90 %.

El promedio de potasio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 19,86 g/kg.

CUADRO 42. Análisis de varianza según el contenido de potasio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1012,95	3	337,65	26,73	<0,0001	
Lugar	975,97	2	487,99	38,63	<0,0001	**
Bosque	36,98	1	36,98	2,93	0,1091	Ns
Error	176,86	14	12,63			
Total	1189,81	17				
CV %			17,90			
Media			19,86			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de potasio de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 43) presentaron tres rangos; en el rango “A” se ubicó a Río Palenque con un valor de 29,80 g/kg, en el rango “C” se ubicó a Pastaza con 12,20 g/kg; mientras que a Shushufindi se le ubicó en un rango intermedio con un valor de 17,58 g/kg. Esto debido a que en Río Palenque las hojas de *Cecropia* son de mayor tamaño, es decir, concentran más potasio en relación a las hojas de *Cecropia* de los otros sitios de estudio que son más pequeñas (Anexo 19).

CUADRO 43. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de potasio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Río Palenque	29,80	6	1,45	A
Shushufindi	17,58	6	1,45	B
Pastaza	12,20	6	1,45	C

Elaboración: Aules, J. (2013)

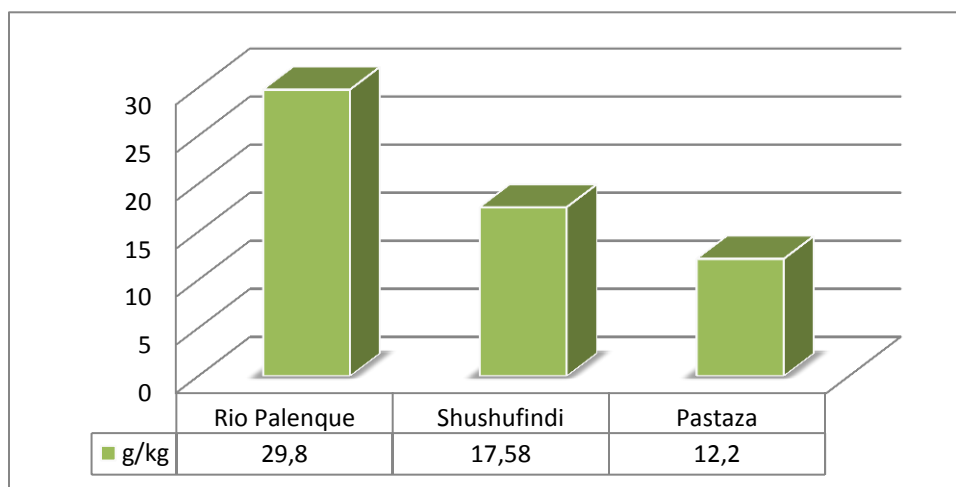


GRÁFICO 21. Contenido de potasio en g/kg en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de potasio en las hojas, en bosques secundarios de la Amazonía central de Brasil se reporta 4,78 g/kg (Anexo 3) de acuerdo con Feldpausch et al. (2010), diferenciándose en un 77,5 % más en los bosques secundarios y en un 74,1 % más en los bosques maduros del bosque húmedo tropical del Ecuador (Anexo 18). En cambio, el bosque secundario comparado con el bosque maduro difiere en un 13,4 % en la presente investigación.

De acuerdo a las concentraciones de potasio en los lugares de establecimiento (Gráfico 21), se encuentran en los niveles medios Río Palenque y Shushufindi y nivel bajo Pastaza según Servagro (2010).

4. Contenido de calcio (Ca) en las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el contenido de calcio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 44), no presentó diferencias estadísticas entre lugares y entre bosques.

El coeficiente de variación fue 41,62 %.

El promedio de calcio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 18,71 g/kg.

CUADRO 44. Análisis de varianza según el contenido de calcio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	338,94	3	112,98	1,86	0,1820	
Lugar	186,98	2	93,49	1,54	0,2480	Ns
Bosque	151,96	1	151,96	2,51	0,1356	Ns
Error	848,40	14	60,60			
Total	1187,33	17				
CV %			41,62			
Media			18,71			

Elaboración: Aules, J. (2013)

Ns: No Significativo

Según el contenido de calcio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador no existieron diferencias significativas, sin embargo se presentan diferencias aritméticas (Gráfico 22).

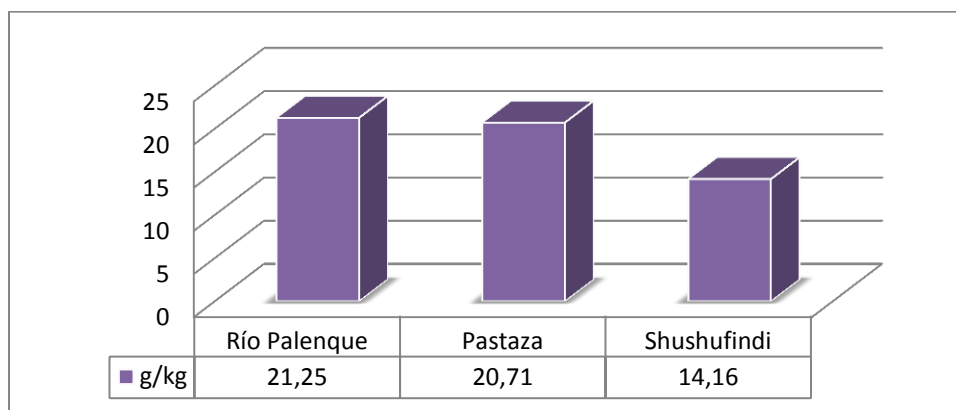


GRÁFICO 22. Contenido de calcio en g/kg en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de calcio en las hojas, en bosques secundarios de la Amazonía central de Brasil se reporta 6,70 g/kg (Anexo 3) de acuerdo con Feldpausch et al. (2010), difiriendo en un 69 % más en los bosques secundarios y en un 57,6 % más en los bosques maduros del bosque húmedo tropical del Ecuador (Anexo 18). En cambio, el bosque secundario comparado con el bosque maduro difiere en un 26,9 % en la presente investigación.

Los niveles de calcio en los lugares de establecimiento (Gráfico 22), de acuerdo a la investigación se encuentran en los niveles altos Río Palenque y Pastaza y nivel medio Shushufindi según Servagro (2010).

5. Contenido magnesio (Mg) en las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el contenido de magnesio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 45), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 44,55 %.

El promedio de magnesio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 2,83 g/kg.

CUADRO 45. Análisis de varianza según el contenido de magnesio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	163,15	3	54,38	34,37	<0,0001	
Lugar	161,00	2	80,50	50,88	<0,0001	**
Bosque	2,15	1	2,15	1,36	0,2633	Ns
Error	22,15	14	1,58			
Total	185,29	17				
CV %			44,55			
Media			2,83			

Elaboración: Aules, J. (2013)

** : Altamente Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el contenido de magnesio de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 46) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Shushufindi con un valor de 7,05 g/kg; mientras que a Pastaza y Río palenque se les ubicó en un rango “B” con un valor de 0,84 y 0,54 g/kg respectivamente. Esto debido a que en Shushufindi el tamaño de las hojas son grandes y está asociado con altos niveles de magnesio en el suelo (Anexo 19), a pesar de que Pastaza posee hojas de *Cecropia* de menor tamaño y bajos niveles de magnesio en el suelo, la concentración de este elemento en las hojas es intermedio por la alta humedad presente y disponibilidad en la solución del suelo para ser absorbido (Anexo 20), en cambio, Río Palenque tiene hojas más grandes pero por la poca humedad hace que el magnesio se menos disponible en la solución del suelo y el nivel de este elemento en las hojas sea bajo (Anexo 20).

CUADRO 46. Prueba de Tukey al 5% según el contenido de magnesio en las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Shushufindi	7,05	6	0,51	A
Pastaza	0,84	6	0,51	B
Río Palenque	0,58	6	0,51	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

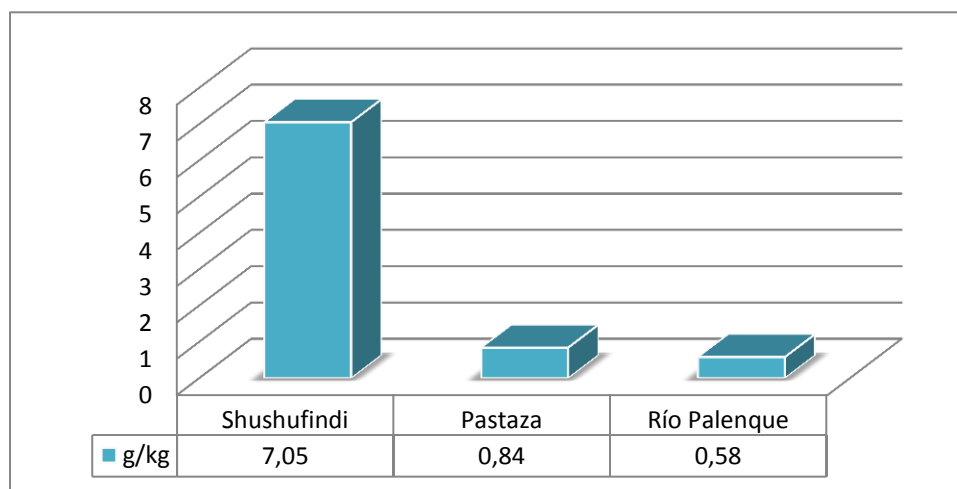


GRÁFICO 23. Contenido de magnesio en g/kg en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el contenido de magnesio en las hojas, en bosques secundarios de la Amazonía central de Brasil se reporta 2,25 g/kg (Anexo 3) de acuerdo con Feldpausch et al. (2010), lo cual difiere en un 9,3 % más en los bosques secundarios y en un 29 % más en los bosques maduros del bosque húmedo tropical del Ecuador (Anexo 18). En cambio, el bosque maduro comparado con el bosque secundario difiere en un 21,8 % en la presente investigación.

Las concentraciones de magnesio en los lugares de establecimiento son ampliamente diferentes (Gráfico 23), encontrándose en los niveles bajos Pastaza y Río Palenque y en un nivel alto Shushufindi de acuerdo al contenido nutrimental en hojas según Servagro (2010).

6. Área específica de las hojas de *Cecropia*

En el análisis de varianza según el área específica de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 47), presentó diferencias estadísticas significativas entre lugares y no significativas entre bosques.

El coeficiente de variación fue 15,69 %.

El promedio en área específica de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador fue de 82,22 cm²/g.

CUADRO 47. Análisis de varianza según el área específica de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	4400,07	3	1466,69	8,81	0,0016	
Lugar	4111,27	2	2055,64	12,35	0,0008	*
Bosque	288,80	1	288,80	1,73	0,2090	Ns
Error	2330,75	14	166,48			
Total	6730,83	17				
CV %			15,69			
Media			82,22			

Elaboración: Aules, J. (2013)

*: Significativo

Ns: No Significativo

En la prueba de Tukey al 5 % entre lugares según el área específica de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador (Cuadro 48) presentaron dos rangos; en el rango “A” se ubicó a Río Palenque con un valor de 102,35 cm²/g; mientras que a Shushufindi y Pastaza se les ubicó en el rango “B” con un valor de 78,37 y 65,94 cm²/g. Esto debido a la presencia de claros y mayor distancia entre árboles en Río Palenque, es decir, mayor entrada de luz solar que hace que las hojas se desarrollen y tengan mayor área foliar que en lugares donde existe poca luz como es el caso de Shushufindi y Pastaza (Anexo 19).

CUADRO 48. Prueba de Tukey al 5% según el área específica de las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

LUGAR	Medias	n	E.E.	
Río Palenque	102,35	6	5,27	A
Shushufindi	78,37	6	5,27	B
Pastaza	65,94	6	5,27	B

Elaboración: Aules, J. (2013)

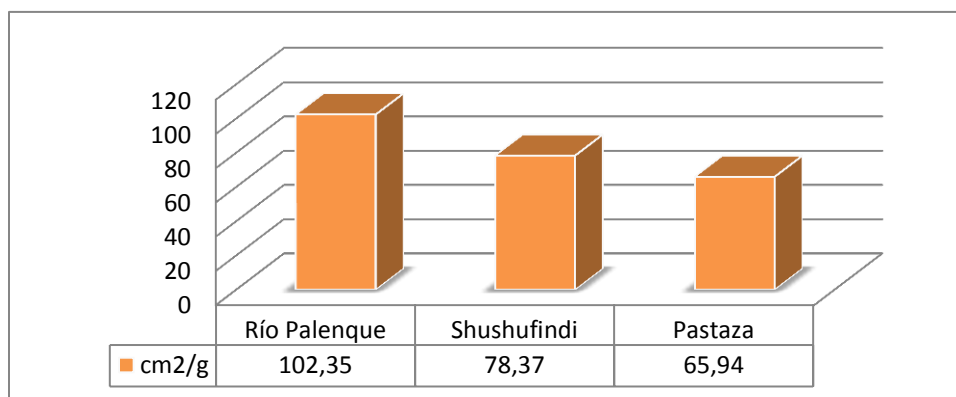


GRÁFICO 24. Área específica en g/cm² en las hojas de *Cecropia* considerando el lugar en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

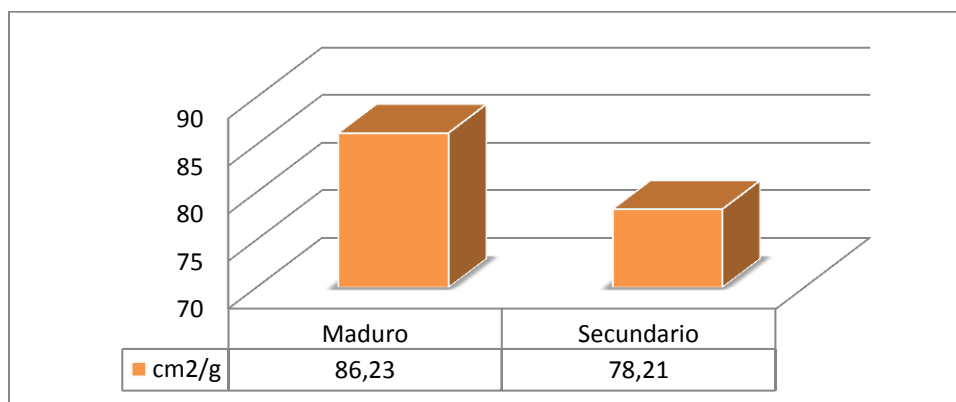


GRÁFICO 25. Área específica en g/cm² en las hojas de *Cecropia* considerando la edad en los bosques húmedos tropicales del Ecuador

Según el área específica de las hojas, en la presente investigación se registran 86,23 y 78,21 cm²/g en bosque maduro y secundario respectivamente, es decir, se determina que el bosque maduro posee hojas más duras con bajos niveles de nutrientes y vida más larga y que el bosque secundario tiene hojas más suaves con altos niveles de nutriente y vida más corta, lo que concuerda con Grime (1996), Cornelisen (1999, 2004) y Pérez (2000) donde manifiesta que la dureza de las hojas a través del área específica se determina su nivel nutrimental y período de vida.

De acuerdo a los lugares de establecimiento, Río Palenque abarca las hojas con mayor área específica y Pastaza con baja área específica (Gráfico 24), debido a que, Río Palenque presenta menor humedad, mayor disponibilidad de luz y menos vegetación arbórea que permite que los árboles sean más frondosos en comparación con Pastaza y Shushufindi.

Al menos, en un 10 % supera el bosque maduro del bosque secundario en dureza de las hojas, debido a que los bosques maduros tienen mayor tiempo de vida y los secundarios se encuentran en proceso de desarrollo y restablecimiento del bosque (Gráfico 25).

.

E. RELACIONES ENTRE EL SUELO Y HOJAS DE *CECROPIA* DE LOS BOSQUES HÚMEDOS TROPICALES DEL ECUADOR.

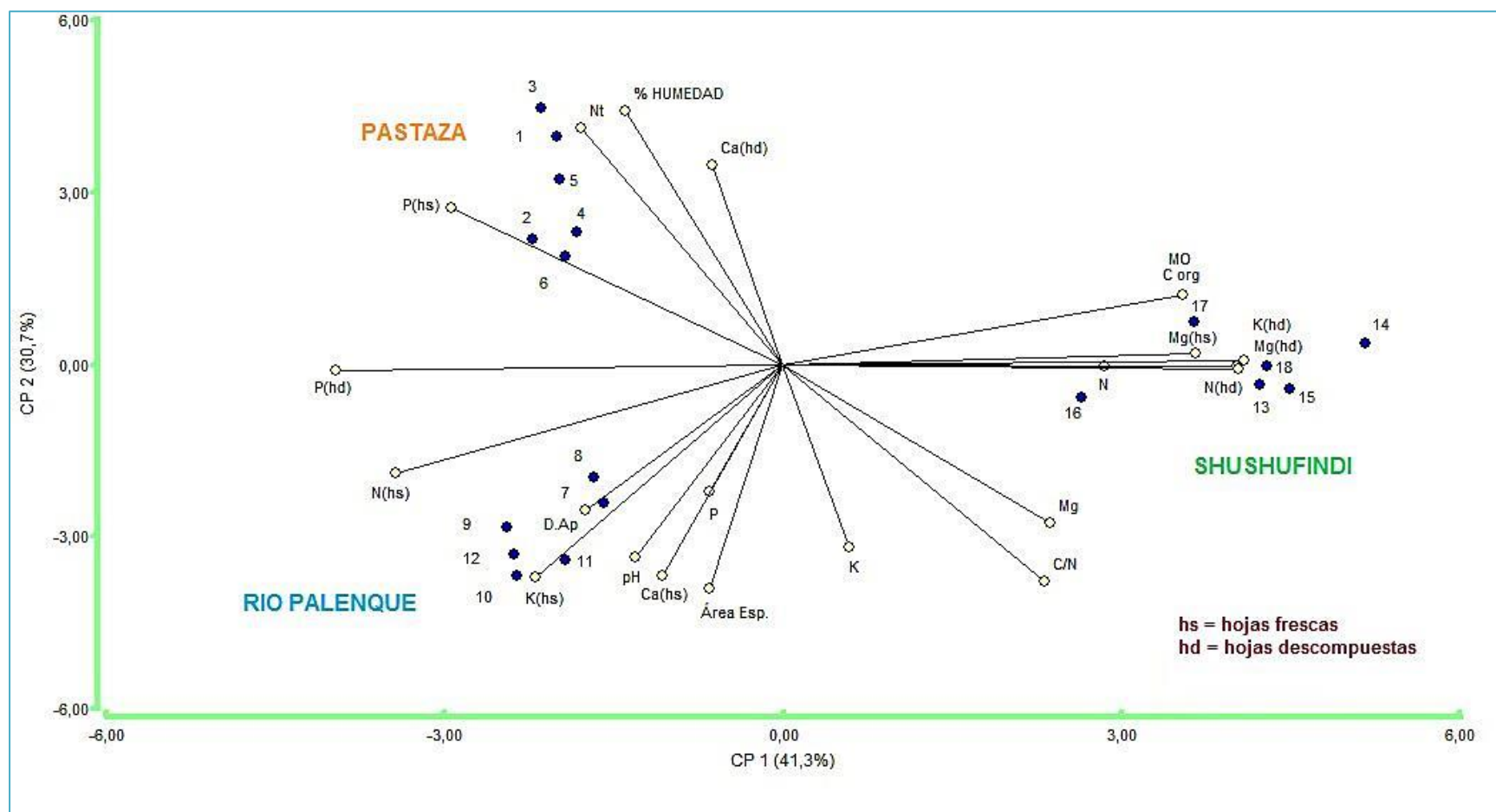


GRÁFICO 26. Relaciones entre el suelo y hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

CUADRO 49. Matriz de correlación/coeficientes entre suelos y hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales

	N	P	K	Mg	D.Ap	Nt	MO	C org	C/N	pH	% HUMEDAD	N (hs)	P (hs)	K (hs)	Ca (hs)	Mg (hs)	N (hd)	P (hd)	K (hd)	Ca (hd)	Mg (hd)	Área Esp.
N	1,00																					
P	0,06	1,00																				
K	0,18	0,03	1,00																			
Mg	0,60	0,25	0,67	1,00																		
D.Ap	-0,48	0,31	0,37	0,05	1,00																	
Nt	-0,23	-0,29	-0,61	-0,67	-0,33	1,00																
MO	0,32	-0,26	-0,04	0,30	-0,45	-0,16	1,00															
C org	0,32	-0,26	-0,04	0,30	-0,45	-0,16	1,00	1,00														
C/N	0,28	0,15	0,52	0,67	0,15	-0,89	0,34	0,34	1,00													
pH	-0,60	0,30	0,16	-7,3E-04	0,54	-0,47	-0,28	-0,28	0,46	1,00												
% HUMEDAD	-0,19	-0,34	-0,65	-0,68	-0,29	0,91	-0,10	-0,10	-0,90	-0,57	1,00											
N (hs)	-0,57	0,22	0,19	-0,18	0,59	0,02	-0,76	-0,76	-0,14	0,49	-0,02	1,00										
P (hs)	-0,45	-0,14	-0,50	-0,74	-0,23	0,82	-0,37	-0,37	-0,81	-0,18	0,72	0,34	1,00									
K (hs)	-0,41	0,42	0,27	0,11	0,52	-0,39	-0,59	-0,59	0,36	0,81	-0,52	0,74	-0,01	1,00								
Ca (hs)	-0,14	0,33	0,48	0,29	0,20	-0,50	-0,33	-0,33	0,51	0,62	-0,70	0,42	-0,12	0,80	1,00							
Mg (hs)	0,73	-0,04	0,10	0,58	-0,38	-0,31	0,67	0,67	0,40	-0,42	-0,23	-0,71	-0,59	-0,50	-0,20	1,00						
N (hd)	0,60	-0,19	0,12	0,51	-0,42	-0,43	0,82	0,82	0,55	-0,22	-0,32	-0,81	-0,67	-0,49	-0,25	0,81	1,00					
P (hd)	-0,62	0,16	-0,13	-0,48	0,34	0,40	-0,81	-0,81	-0,56	0,27	0,32	0,82	0,68	0,52	0,27	-0,77	-0,95	1,00				
K (hd)	0,63	-0,22	0,10	0,51	-0,45	-0,41	0,86	0,86	0,56	-0,27	-0,31	-0,82	-0,65	-0,51	-0,25	0,81	0,98	-0,96	1,00			
Ca (hd)	-0,05	-0,32	-0,28	-0,35	-0,25	0,62	0,09	0,09	-0,66	-0,54	0,67	-0,16	0,60	-0,47	-0,49	-0,07	-0,16	0,17	-0,14	1,00		
Mg (hd)	0,64	-0,18	0,15	0,54	-0,40	-0,43	0,79	0,79	0,54	-0,25	-0,32	-0,81	-0,68	-0,49	-0,24	0,85	0,99	-0,94	0,96	-0,15	1,00	
Área Esp.	0,22	0,52	0,50	0,37	0,40	-0,63	-0,51	-0,51	0,49	0,38	-0,63	0,37	-0,35	0,65	0,63	-0,18	-0,15	0,10	-0,16	-0,52	-0,14	1,00

Elaboración: Aules, J. (2013)

CUADRO 50. Matriz de correlación/probabilidades entre suelos y hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales

	N	P	K	Mg	D.Ap	Nt	MO	C org	C/N	pH	% HUMEDAD	N (hs)	P (hs)	K (hs)	Ca (hs)	Mg (hs)	N (hd)	P (hd)	K (hd)	Ca (hd)	Mg (hd)	Área Esp.
N																						
P	0,8113																					
K	0,4641	0,9161																				
Mg	0,0080	0,3075	0,0022																			
D.Ap	0,0418	0,2081	0,1276	0,8374																		
Nt	0,3488	0,2450	0,0076	0,0025	0,1820																	
MO	0,1885	0,2971	0,8877	0,2234	0,0613	0,5374																
C org	0,1885	0,2971	0,8877	0,2234	0,0613	0,5374	<0,0001															
C/N	0,2602	0,5559	0,0280	0,0021	0,5504	<0,0001	0,1704	0,1704														
pH	0,0092	0,2294	0,5209	0,9977	0,0195	0,0485	0,2646	0,2646	0,0525													
% HUMEDAD	0,4537	0,1737	0,0032	0,0018	0,2483	<0,0001	0,6946	0,6946	<0,0001	0,0142												
N (hs)	0,0138	0,3754	0,4546	0,4656	0,0106	0,9253	0,0003	0,0003	0,5929	0,0393	0,9290											
P (hs)	0,0618	0,5805	0,0345	0,0005	0,3560	<0,0001	0,1288	0,1288	0,0001	0,4659	0,0007	0,1615										
K (hs)	0,0943	0,0787	0,2719	0,6544	0,0265	0,1085	0,0093	0,0093	0,1449	<0,0001	0,0286	0,0005	0,9718									
Ca (hs)	0,5691	0,1746	0,0415	0,2445	0,4200	0,0353	0,1784	0,1784	0,0314	0,0066	0,0012	0,0866	0,6403	0,0001								
Mg (hs)	0,0005	0,8733	0,6989	0,0111	0,1175	0,2126	0,0021	0,0021	0,0989	0,0792	0,3530	0,0010	0,0097	0,0353	0,4214							
N (hd)	0,0084	0,4457	0,6477	0,0322	0,0858	0,0765	<0,0001	<0,0001	0,0181	0,3755	0,2026	<0,0001	0,0022	0,0383	0,3171	<0,0001						
P (hd)	0,0063	0,5271	0,5941	0,0460	0,1656	0,1037	<0,0001	<0,0001	0,0150	0,2785	0,1886	<0,0001	0,0019	0,0271	0,2776	0,0002	<0,0001					
K (hd)	0,0046	0,3907	0,6937	0,0288	0,0589	0,0935	<0,0001	<0,0001	0,0165	0,2697	0,2174	<0,0001	0,0033	0,0293	0,3126	<0,0001	<0,0001	<0,0001				
Ca (hd)	0,8401	0,1987	0,2648	0,1543	0,3109	0,0056	0,7254	0,7254	0,0032	0,0203	0,0024	0,5256	0,0081	0,0473	0,0397	0,7820	0,5385	0,5087	0,5862			
Mg (hd)	0,0045	0,4632	0,5657	0,0221	0,1018	0,0773	0,0001	0,0001	0,0215	0,3191	0,1890	<0,0001	0,0018	0,0404	0,3320	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,5528		
Área Esp.	0,3884	0,0271	0,0352	0,1313	0,0963	0,0051	0,0322	0,0322	0,0407	0,1187	0,0052	0,1327	0,1504	0,0034	0,0055	0,4856	0,5408	0,6847	0,5168	0,0255	0,5702	

Elaboración: Aules, J. (2013)

1. Interpretación de la relación entre el suelo y las hojas de *Cecropia* de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

- a. Los tres lugares en estudio son diferentes.
- b. Shushufindi está asociado más con materia orgánica (MO) y nitrógeno (N) en el suelo, potasio (K), magnesio (Mg) y nitrógeno (N) en hojas descompuestas y magnesio (Mg) en hojas frescas.
- c. Pastaza está asociado con mayor % humedad, nitrógeno total (Nt) en el suelo, calcio (Ca) en hojas descompuestas y fósforo (P) en hojas frescas.
- d. Río Palenque abarca las concentraciones bajas en pH y densidad aparente en el suelo, área específica, nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca) en hojas frescas.
- e. La relación entre el porcentaje de humedad y nitrógeno total en los suelos es fuerte, se explica por qué existe una mayor tasa de mineralización en Pastaza.
- f. El fósforo es débil, de acuerdo al modelo esquematiza que la pérdida de fósforo reduce la capacidad de almacenamiento de carbono, se comprende por qué en Río Palenque existe la menor acumulación.
- g. Cuando la relación del nitrógeno con la materia orgánica, carbono acumulado y la relación C/N es baja los contenidos de estos últimos siempre serán altos.
- h. Más nitrógeno en el suelo es asociado con lugares con menos pH y densidad aparente. En estos lugares la hojarasca fresca de *Cecropia* tiene menos fósforo, menos nitrógeno.
- i. Se esquematiza, que Río Palenque asocia una mayor área específica en las hojas con bajos porcentajes de humedad, mientras que, Pastaza asocia un mayor porcentaje de humedad en el suelo y baja área específica en las hojas.

E. FRECUENCIA DE CECROPIA

La aplicación de los transectos como método de inventario requiere el establecimiento de un procedimiento concreto a través del cual se vayan tomando decisiones, la superficie a muestrear se articula en diferentes transectos, de forma que se analicen las zonas más representativas o interesantes, sobre las que se cree conveniente tomar datos.

Por lo tanto, cada transecto representará una superficie proporcional del tipo de vegetación de forma que al final será posible ponderar los resultados obtenidos en cada una de las bandas muestreadas por la superficie a la que representa.

El área de muestreo de cada uno de los transectos fue de 1 000 m² en los tres lugares que se encontraban dentro de los límites de bosque húmedo tropical.

De acuerdo a Caranquí, J. (2013), los transectos trazados dentro del bosque húmedo tropical estima que por cada 1000m² existe un promedio de 2 árboles de la morfoespecie *Cecropia* tanto en bosque maduro como en secundario. Entonces relacionado a una hectárea se obtiene 20 árboles de la morfoespecie *Cecropia*.

VI. CONCLUSIONES

- A. El bosque maduro presenta características físicas similares al bosque secundario, pues la formación del perfil en ambas edades de bosque despliegan horizontes O, A y C y nutrimentalmente el bosque maduro no difiere significativamente del bosque secundario pero si manifiestan diferencias aritméticas.
- B. El bosque maduro supera en un 10 % al bosque secundario en área específica de la hoja pues ésta determina el grado de dureza, periodo de vida, bosque al que pertenece y contenido nutrimental, por lo tanto, el primer grupo tienen hojas más duras, vida más larga y bajos niveles de nutrientes y el segundo grupo hojas más suaves, vida más corta y altos niveles de nutrientes.
- C. Existe un aproximado de 20 árboles de la morfo especie *Cecropia* por cada hectárea dentro del bosque húmedo tropical del Ecuador. En tal virtud no importa la especie que se encuentre en estudio para ser considerado un factor determinante en el ciclaje de nutrientes sino el rasgo funcional que se vea implicado en la investigación.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Hacer investigaciones estableciendo el mismo tema en diferentes tipos de bosques que tiene el Ecuador para levantar información acerca de las relaciones entre la edad del bosque y la economía de hojas en la disponibilidad de nutrientes.
- B. Cuantificar la biomasa en kg/ha para una mejor relación entre el contenido nutrimental de los suelos y economía de hojas en el bosque húmedo tropical que tiene el Ecuador.
- C. Determinar la masa arbórea y comparar la influencia de esta con los niveles de nutrientes presentes en el suelo.
- D. Recolectar las muestras tanto de suelo como de hojas considerando un mismo nivel de gradiente, con la finalidad de obtener resultados más homogéneos y evitar valores erróneos por diferentes factores.

VIII. ABSTRACTO

La presente investigación propone: comparar el contenido nutrimental de los suelos bajo *Cecropia* y economía de sus hojas en bosques de diferentes edades dentro del ecosistema húmedo tropical del Ecuador. Se utilizaron 3 lugares con presencia de bosque húmedo tropical con distintas edades (bosque maduro y bosque secundario), cada bosque con 3 árboles, empleando un análisis multivariado por componentes principales para las correlaciones entre nutrimentos del suelo y las hojas (Biplot robusto) y un ADEVA para cuantificar las diferencias existentes entre sitios y entre bosques maduros y secundarios (Modelo lineal aditivo " $Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$ "). Como resultado, las características físicas del suelo en los bosques maduro y secundario en el bosque húmedo tropical son similares entre un sitio y otro como su coloración roja, café oscuro, café claro y oscuro debido a la presencia de los óxidos de hierro y de aluminio, texturas entre limoso y arcilloso con densidades aparentes que oscilan de 1 a 1,2 g/cm³ y pH ácido. Nutrimentalmente no existen diferencias en el suelo al comparar el bosque maduro del secundario y en las hojas de *Cecropia*, de hecho, el nitrógeno en la tasa de mineralización y el potasio en el suelo fueron los únicos que presentaron diferencias significativas. En relación al área específica de las hojas frescas y descompuestas de *Cecropia*, tampoco hay diferencias significativas, sin embargo, el bosque maduro supera en un 10% al bosque secundario en área específica lo que explica entonces que los del primer grupo tienen hojas más duras, vida más larga y bajos niveles de nutrientes y el segundo grupo hojas más suaves, vida más corta y altos niveles de nutrientes y se estima de 20 árboles/ha de la morfoespecie *Cecropia* aproximadamente en el bosque húmedo tropical. Se concluye que no hay diferencias significativas a mencionar entre bosque maduro y secundario en las hojas y en los suelos del ecosistema húmedo tropical.



IX. SUMMARY

The present research is aimed to compare the nourishment content in soils under *Cecropia* and economy on its leaves in different age forests into the humid tropical ecosystem in Ecuador. Three sites showing humid tropical forest of three different ages (mature forest and secondary forest) were used, each one with 3 trees, applying a multi-varied analysis by main components for correlations between soil nutrients and leaves (Biplot robusto) and ADEVA to quantify the existing differences among sites and among mature forest and secondary forest (Additive Lineal Pattern " $Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$ "). Following results were obtained: physical characteristics of soil in mature and secondary forest belonging to humid tropical forests are similar as well as their red, dark brown, light brown coloring due to iron and aluminum oxides presence; textures between slimy and clayey with apparent densities varying from 1 to 1,2 g/cm³ and acid pH. In that related to soil nourishments, no differences are found when comparing the mature forest to the secondary one, and inside *Cecropia* leaves –in fact- nitrogen in mineralization rate and content of potassium in the soil were the only ones that showed significant differences. In relation to specific area of fresh and brazen *Cecropia* leaves, none significant differences were found; however, mature forest exceeds in 10% to secondary forest in that related to specific area, this explains trees from first group show harder leaves, longer lifetime and low nourishment leaves and those from the second group show softer leaves, shorter lifetime and high nourishment leaves, estimating from 20 trees/ha. of *Cecropia* species in the humid tropical forest. It is concluded that there are no significant differences to mention between mature forest and secondary one in that related to leaves and soil in humid tropical ecosystem.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. AERTS, R. 1997. "Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: A triangular relationship". *Oikos* 79: 439-449.
2. AERTS, R. y CHAPIN, F. 2000. "The mineral nutrition of wild plants revisited: a reevaluation of processes and patterns". *Advances in Ecological Research* 30: 1-67.
3. BALTZER y THOMAS. 2010. "Edaphic specialization in tropical trees: Physiological correlates and responses to reciprocal transplantation". *Ecology* 86: 3063–3077.
4. BARALOTO, C., HARDY, O., PAINE, C., DEXTER, K., CRUAUD, C., DUNNING, L., GONZALEZ, M., MOLINO, J., SABATIER, D., SAVOLAINEN, V., y CHAVE, J. 2012. "Using functional traits and molecular phylogenetic trees to examine the assembly of tropical tree communities". *Journal of Ecology* 100: 690–701.
5. BLACK, C. 1975. "Relaciones suelo-planta, tomo II". Ed. Hemisferio Sur.
6. BUOL, S. 1994. "Environmental consequences: Soils". P. 211-229. En: MEYER, W. y B. TURNER. B. "Changes in land use and land cover: A global perspective". Cambridge University Press. Cambridge, UK.
7. BUSCHBACHER, R., y SERRÃO. E. 1988. "Abandoned pastures in eastern Amazonia II". Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* 76: 682–699.
8. CHOAT, R., et al. 2012. "Global convergence in the vulnerability of forests to drought". *Nature* 491: 752-756.

9. CHAPIN, F., MATSON, P., y MOONEY, H. 2002. "Principles of terrestrial ecosystem ecology". Springer. New York, NY, USA.
10. CORNELISSEN, J., et al. 2004. "Leaf digestibility and litter decomposability are related in a wide range of subarctic plant species and types". *Functional Ecology* 18: 779–786.
11. DAVIDSON, E., et al. (11 autores). 2007. "Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment". *Nature* 447: 995–999.
12. FELDPAUSCH, T., RONDON, M., FERNANDES, E., RIHA, S., y WANDELL, E. 2004. "Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia". *Ecological Applications* 14: S164–S176.
13. GAN, S. y AMASINO, R. 1997. "Making sense of senescence (Molecular genetic regulation and manipulation of leaf senescence)". *Plant Physiol.* 113: 313-319.
14. GENTRY, A. 1990. "La región amazónica". Págs. 53-64. En: Villegas Editores (ed.) *Selva Húmeda de Colombia*. Bogotá. Colombia.
15. GONZÁLEZ, et al. 1997. "Cecropia obtusifolia". *Cecropiaceae. Novi Commentarii Academiae Scientiarum Instituti*. 1 – 5 pp.
16. GOTSCH, S. et al. 2010. "Leaf traits and water relations of 12 evergreen species in Costa Rican wet and dry forests: patterns of intra-specific variation across forests and seasons". *Plant Ecol* 211:133–146
17. GRIME, J., CORNELISSEN, J., THOMPSON, K., y HODGSON, J. 1996. "Evidence of a causal connection between anti-herbivore defence and the decomposition rate of leaves". *Oikos* 77:489–494.

18. HARDY, F. 1936. "Some aspects of tropical soils". Transactions Third International Congress of Soil Science, 2: 150-163.
19. HERBERT, D., WILLIAMS, M., y RASTETTER, E. 2003. "A model analysis of N and P limitation on carbon accumulation in Amazonian secondary forest after alternate land-use abandonment". Biogeochemistry 65: 121–150.
20. HO, D. 2013. "Qué es sucesión primaria y secundaria". American Field Guide. Disponible en:
http://www.ehowenespanol.com/sucesion-primaria-secundaria-hechos_170533/
21. JANSSEN, S. y PERSSON, J. 1982. "Mineralization and immobilization of soil nitrogen". P 229-252. En F. J. Stevenson (ed.). Nitrogen in agricultural soils. Monograph N° 22. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
22. LAURANCE, W. 1999. "Reflections on the tropical deforestation crisis". Biological Conservation 91: 109–117.
23. MARKEWITZ, D., DAVIDSON, E., MOUTINHO, P., y NEPSTAD, D. 2004. "Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia". Ecological Applications, 14: S177–S199.
24. MCGRATH, D., SMITH, C., Gholz, H., y De ASSIS OLIVEIRA, F. 2001. "Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazônia". Ecosystems 4: 625–645.
25. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DEL ECUADOR. 1999. "La captura de CO² puede ser un excelente negocio".

Disponible en:

<http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/la-captura-de-co2-puede-ser-un-excelente-negocio-14952.html>

26. NILSSON, L., HÜTTL, R., JOHANSSON, U., y JOCHHEIM, H. 1995. "Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems-present status and future research directions". Plant and Soil. 168: 5-13.
27. PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. 2000. "Chemistry and toughness predict leaf litter decomposition rates over a wide spectrum of functional types and taxa in central Argentina". Plant and Soil 218:21-30.
28. POORTER, H. 2002. "Plant Growth and Carbon Economy". Encyclopedia of life science. MacMillian Publisher Ltd, Nature Publishing Group.
29. POORTER, H. y DE JONG, R. 1999. "A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity". New Phytologist 143: 163-176.
30. REINERS, W. et al. 1994. "Tropical rainforest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties". Ecological Applications. 4: 363-377.
31. ROWE, R., SHARMA, N., y BROWDER, J. 1992. "*Deforestation: Problems, Causes and Concerns*". En Managing the World's Forests: Looking for Balance Between Conservation and Development. Ed. by Narendra P. Sharma, Kendall/Hunt Publishing Co., Iowa. P. 33-45
32. SÁNCHEZ, P., PALM, C., SZOTT, L., CUEVAS, E., y LAL, R. 1989. "Organic input management in tropical agroecosystems". In: Coleman D.C., Oades J.M. y Uehara G., ed. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: University of Hawaii Press. P 125-152.

33. SÁNCHEZ, P. 1995. "Science in agroforestry". *Agroforestry Systems* 30: 5-55.
34. SERVAGRO, 2010. "Tablas de Interpretación de los Análisis Químicos del Suelo".
Disponible en:
http://www4.larural.es/servagro/fertilizacion/sueloagricola/escala_suelos.htm
35. SOUTO. et al. 2009. "Complex bioclimatic and soil gradients shape leaf trait variation". *Revista Chilena de Historia Natural*. 82: 209 – 210
36. SWIFT, M., HEAL, O., y ANDERSON, J. 1979. "Decomposition in terrestrial ecosystems". Blackwell Scientific, Oxford, UK.
37. WADSWORTH, G. et al. 1988. "Effects of fallow length on organic carbon and soil fabric of some tropical". *Soil Science Society America* 52: 1424-1430.
38. WRIGHT, I. et al. 2005. "Assessing the generality of global leaf trait relationships". *New Phytologist* 166:485–496.
39. ZABOWSKI. et al. 1990. "Lysimeters and centrifuge soil solutions: seasonal differences between methods. *Soil Science Society of America Journal*". Vol. 54, no.1; p. 1130-1135.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Escala e interpretación del pH

pH	INTERPRETACIÓN
4.0 - 4,6	FUERTEMENTE ACIDA
4,7-5,5	ACIDA
5,6 -6,4	LIGERAMENTE ACIDA
6,5 -7,5	NEUTRO
7,6 -8	LIGERAMENTE ALCALINO
8,1 -10	ALCALINO
10,1 -14	FUERTEMENTE ALCALINO

Fuente: Oñate, M. (2005)

Anexo 2. Tabla de interpretación de contenido de microelementos en hojas

CONTENIDO DE MICROELEMENTOS EN HOJAS						
Elemento	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	%			g/kg		
Nitrógeno	< 2,5	2,5 – 4,0	> 4,0	< 25	25 – 40	> 40
Fósforo	< 0,3	0,3 – 0,5	> 0,5	< 3	3 – 5	> 5
Potasio	< 1,49	1,5 – 3,0	> 3,0	< 14,9	15 – 30	> 30
Calcio	< 0,8	0,8 – 1,5	> 1,5	< 8	8 – 15	> 15
Magnesio	< 0,29	> 0,3	-	< 2,9	> 3	-

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 3. Medias de carbono y concentraciones de nutrientes en follaje y madera de 10 bosques secundarios (SF) de pasturas degradadas en la Amazonía central, Brasil

SF age (yr)	Fazenda and forest no.	C (%)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
Foliage							
0–2	DAS-1 and Rodão-1	46.65 (1.80)	17.11 (0.78)	0.87 (0.04)	3.71 (0.35)	7.25 (0.74)	2.31 (0.06)
2–4	Rodão-4	45.51 (0.33)	16.42 (0.06)	0.65 (0.03)	2.75 (0.00)	6.42 (0.17)	1.88 (0.02)
4–6	DAS-2 and Rodão-3	48.25 (1.26)	16.08 (0.82)	0.89 (0.04)	5.59 (1.16)	5.28 (0.14)	2.04 (0.28)
6–8	Dimona-1, -3 and Rodão-2	45.69 (0.59)	14.60 (0.50)	0.56 (0.03)	5.38 (0.71)	6.59 (0.41)	2.13 (0.19)
12–14	DAS-3 and Dimona-2	49.38 (0.64)	15.02 (0.16)	0.58 (0.02)	5.14 (0.29)	7.86 (0.12)	2.77 (0.12)
Overall mean		47.12 (0.54)	15.66 (0.31)	0.70 (0.03)	4.78 (0.36)	6.70 (0.24)	2.25 (0.10)
Wood							
0–2	DAS-1 and Rodão-1	51.40 (0.49)	3.71 (0.31)	0.31 (0.01)	2.23 (0.33)	4.05 (0.58)	0.98 (0.11)
2–4	Rodão-4	47.64 (0.41)	2.99 (0.39)	0.19 (0.01)	1.19 (0.10)	2.76 (0.29)	0.69 (0.05)
4–6	DAS-2 and Rodão-3	47.45 (1.16)	2.80 (0.15)	0.21 (0.03)	1.69 (0.31)	2.01 (0.21)	0.47 (0.04)
6–8	Dimona-1, -3 and Rodão-2	47.68 (1.05)	2.52 (0.14)	0.16 (0.01)	1.76 (0.17)	2.33 (0.19)	0.55 (0.06)
12–14	DAS-3 and Dimona-2	51.05 (1.99)	1.87 (0.12)	0.09 (0.02)	1.28 (0.11)	2.51 (0.30)	0.58 (0.07)
Overall mean		49.05 (0.63)	2.73 (0.14)	0.19 (0.01)	1.68 (0.12)	2.69 (0.19)	0.64 (0.04)

Note: Each mean nutrient concentration value represents $n = 3$ samples of a five-tree composite in each forest. Standard errors are reported in parentheses.

Fuente: Feldpausch et al. (2010)

Anexo 4. Carbono orgánico total en t/ha de la superficie del suelo (0-10 cm de profundidad) de cada sitio. Medias para los tipos de uso del suelo que tienen la misma letra superíndice no difieren significativamente entre sí en $P = 0,05$

		Land use types (t/ha)			
Site		Active pasture (P)	Abandoned pasture (A)	Secondary forest (S)	Primary forest (V)
A	Mean	36	56	62	44
	SE	6	10	8	6
B	Mean	42	42	66	86
	SE	6	6	10	12
C	Mean	42	40	62	52
	SE	6	6	12	8
Mean	Mean	40^a	46^{ab}	64^b	60^{ab}
	SE	2	4	2	14

Fuente: Reiniers et al. (1994)

Anexo 5. Inicial y 7 días después del N-mineralización y nitrificación, resultados para cuatro tipos de uso del suelo, cada uno con tres sitios replicados

Land use	Site	0-day N pools (mg/kg soil)		N mineralization (mg/kg soil) (NH_4^+ + NO_2^- + NO_3^-)	N nitrification (mg/kg soil) [(NO_2^- + NO_3^-) - N]
		NH_4^+	NO_2^- + NO_3^-		
Active pasture	PA	4.28 ± 0.27	2.31 ± 0.05	8.34	11.31
	PB	2.58 ± 0.67	2.06 ± 0.06	9.17	11.34
	PC	4.06 ± 0.50	0.91 ± 0.03	4.62	6.87
	Mean	3.64 ^b ± 0.53	1.76 ^a ± 0.43	7.38 ^a ± 1.40	9.84 ^{ab} ± 1.49
Abandoned pasture	AA	3.61 ± 0.30	1.47 ± 0.05	1.50	4.47
	AB	3.79 ± 0.41	2.07 ± 0.06	3.82	4.90
	AC	2.44 ± 0.83	2.79 ± 0.03	8.76	8.34
	Mean	3.28 ^b ± 0.42	2.11 ^a ± 0.38	4.69 ^a ± 2.14	6.03 ^a ± 0.81
Secondary forest	SA	1.56 ± 0.17	5.18 ± 0.07	13.88	14.02
	SB	1.02 ± 0.28	5.08 ± 0.09	17.64	17.39
	SC	1.73 ± 0.47	3.34 ± 0.10	12.61	12.80
	Mean	1.44 ^a ± 0.22	4.53 ^b ± 0.16	17.71 ^b ± 0.98	14.74 ^b ± 1.06
Primary forest	VA	2.75 ± 0.52	5.0 ± 0.07	14.86	17.00
	VB	2.10 ± 0.11	5.54 ± 0.07	11.52	11.93
	VC	1.42 ± 0.38	2.37 ± 0.98	12.62	10.62
	Mean	2.09 ^{ab} ± 0.21	4.30 ^b ± 0.60	13.00 ^b ± 1.51	13.83 ^b ± 1.37

* Each mean (shown ± 1 se) is the average of 10 replicate subsamples. Net nitrogen mineralization and nitrification after 7 d were calculated by the difference between initial and final soil concentrations.

Fuente: Reiners et al. (1994)

Anexo 6. Carbono y contenido de nutrientes en diferentes tipos de usos del suelo en Brasil

Land use type and component	C† (Mg/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Mature forest (see Table 1)						
total	130	1370	41	343	487	131
Secondary forest‡						
foliage	2.54 ± 0.64	74.9 ± 25.1	2.6 ± 1.0	26.6 ± 8.2	29.0 ± 10.3	6.7 ± 2.2
fine branches	1.61 ± 0.45	17.9 ± 9.9	0.9 ± 0.4	14.0 ± 6.6	22.7 ± 11.2	2.6 ± 1.1
coarse branches	7.07 ± 4.86	60.2 ± 101.5	2.1 ± 3.7	34.5 ± 48.9	59.0 ± 71.6	7.3 ± 5.9
wood/bark	21.3 ± 12.7	105.5 ± 101.7	2.7 ± 2.7	60.8 ± 47.8	116.6 ± 62.5	15.4 ± 4.0
understory foliage	0.23 ± 0.11	7.2 ± 3.8	0.2 ± 0.1	3.7 ± 1.6	5.8 ± 3.5	1.3 ± 0.7
understory twigs	0.75 ± 0.25	6.8 ± 1.7	0.3 ± 0.1	6.0 ± 1.5	10.6 ± 5.5	1.5 ± 0.9
total‡	33.5 ± 19.0	273 ± 244	8.8 ± 8.0	146 ± 115	244 ± 165	35 ± 15
Degraded pasture§						
foliage	0.21 ± 0.05	7.6 ± 3.4	0.3 ± 0.1	4.3 ± 2.2	6.3 ± 1.6	1.2 ± 0.4
wood/bark	0.77 ± 0.88	5.0 ± 5.6	0.3 ± 0.3	7.1 ± 10.3	7.9 ± 9.2	1.1 ± 1.3
standing dead wood	0.77 ± 0.87	4.7 ± 5.6	0.2 ± 0.2	2.1 ± 2.2	28.3 ± 42.6	0.7 ± 0.7
vines	0.39 ± 0.31	4.3 ± 3.0	0.2 ± 0.1	3.0 ± 1.8	3.3 ± 2.7	0.5 ± 0.2
grasses/forbes	1.78 ± 0.48	13.3 ± 4.2	0.9 ± 0.3	38.3 ± 10.5	5.8 ± 1.8	3.3 ± 0.9
total	3.91 ± 2.59	34.8 ± 21.8	1.9 ± 1.0	54.9 ± 26.8	51.5 ± 58.0	6.8 ± 3.5
Managed pasture						
grasses	2.70 ± 0.7	20.4 ± 5.4	1.4 ± 0.4	50.7 ± 13.4	12.7 ± 3.4	10.1 ± 2.7

Fuente: Markewitz et al. (2004)

Anexo 7. Total de nutrientes en el suelo en kg/ha en diferentes coberturas vegetales en la zona Andina de Colombia

Cobertura	Relación	M.O.	N	K	Ca	Mg	P
Guadua	TS	420.87	1.28	627.32	4048.69	731.13	0.03
	PS	0.061	0.002	0.21	1.04	0.13	0.01
	%	0.01	0.19	0.03	0.03	0.02	37.80
Bosque	TS	547.55	1.95	485.16	5733.54	817.20	0.03
	PS	0.17	0.01	0.80	2.03	0.21	0.04
	%	0.03	0.31	0.17	0.04	0.03	144.55
Pasto (<i>B. decumbens</i>)	TS	463.17	1.36	210.57	4970.11	784.78	0.03
	PS	0.15	0.01	0.24	1.39	0.19	0.01
	%	0.03	0.42	0.11	0.03	0.02	48.17
Cultivo limpio	TS	605.60	1.77	805.77	5158.99	918.00	0.03
	PS	2.26	0.09	4.83	25.21	3.28	0.13
	%	0.37	5.10	0.60	0.49	0.36	388.82
Banco de proteína	TS	462.24	1.09	1591.82	6650.75	1060.26	1.00
	PS	1.840	0.071	7.17	19.86	2.16	0.60
	%	0.40	6.51	0.45	0.30	0.20	59.81
Caña	TS	395.98	1.04	435.37	3883.39	681.94	0.04
	PS	0.44	0.02	0.94	4.26	0.53	0.07
	%	0.11	1.68	0.22	0.11	0.08	207.97
Café	TS	477.76	1.09	676.90	4855.82	807.47	0.05
	PS	0.72	0.03	2.68	9.17	0.99	0.28
	%	0.15	2.97	0.40	0.19	0.12	543.56
TS = contenido total (kg/ha). PS = pérdida en el suelo (kg/ha). % = PS/PT x 100.							

Fuente: Rodríguez et al. (2009)

Anexo 8. Tabla de interpretación de contenido de materia orgánica en el suelo

MATERIA ORGÁNICA				
%	%	t/ha	t/ha	INTERPRETACIÓN
Secano	Regadío	Secano	Regadío	
2.40 a 2.75	3.10 a 3.44	48 a 55	62 a 68,8	L. Alto
2.00 a 2.40	2.50 a 3.10	40 a 48	50 a 62	Normal
1.90 a 2.00	2.35 a 2.50	38 a 40	47 a 50	L. Bajo
1.55 a 1.90	2.00 a 2.35	31 a 38	40 a 47	Bajo
0.95 a 1.55	1.30 a 2.00	19 a 31	26 a 40	M. Bajo

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 9. Tabla de interpretación de contenido de nitrógeno en el suelo

NITRÓGENO		
%	kg/ha	INTERPRETACIÓN
Mayor de 0.18%	> 3600	Alto
de 0.15 a 0.18%	3000 a 3600	L. Alto
de 0.10 a 0.15%	2000 a 3000	Normal
de 0.08 a 0.10%	1600 a 2000	L. Bajo
de 0.05 a 0.08%	1000 a 1600	Bajo
menor de 0.05%	< 1000	Muy bajo

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 10. Tabla de interpretación de contenido de fósforo en el suelo

FÓSFORO		
ppm	kg/ha	INTERPRETACIÓN
Menor de 5 ppm	< 28	Bajo
de 5 a 10 ppm	28 -56	Normales
mayor de 10 ppm	> 56	Altos

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 11. Tabla de interpretación de contenido de potasio en el suelo

POTASIO		
ppm	kg/ha	INTERPRETACIÓN
Mayor de 400 ppm	> 2240	Altos
de 250 a 300 ppm	1400 a 1680	L. Alto
de 220 a 250 ppm	1232 a 1400	Normal
de 190 a 220 ppm	1064 a 1232	L. Bajos
de 125 a 190 ppm	700 a 1064	Bajos
menor de 125 ppm	< 700	Muy bajos

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 12. Tabla de interpretación de contenido de calcio en el suelo

CALCIO		
ppm	kg/ha	INTERPRETACIÓN
Menor de 700 ppm	< 3920	Muy bajo
de 700 a 2000 ppm	3920 a 11200	Bajo
de 2000 a 4000 ppm	11200 a 22400	Medio
mayor de 4000 ppm	> 22400	Suficiente

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 13. Tabla de interpretación de contenido de magnesio en el suelo

MAGNESIO		
ppm	kg/ha	INTERPRETACIÓN
Menor de 80 ppm	< 448	Muy bajo
de 80 a 300 ppm	448 a 1680	Bajo
de 300 a 600 ppm	1680 a 3360	Medio
de 600 a 900 ppm	3360 a 5040	Notable
mayor de 900 ppm	> 5040	Excelente

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 14. Tabla de interpretación de la relación C/N en el suelo

RELACIÓN C/N	
Mayor de 13	Alto
de 11 a 13	L. Alto
de 9 a 11	Normal
de 9 a 8	Bajo
menor de 8	Muy bajo

Fuente: Servagro (2010)

Anexo 15. Nutrientes en el suelo en bosque maduro y secundario de los bosques húmedos tropicales del Ecuador

BOSQUE	NUTRIMENTOS EN EL SUELO DE BOSQUES HUMEDOS TROPICALES DEL ECUADOR								
	kg/ha					t/ha		%	
	N	P	K	Ca	Mg	MO	C acumulado	Humedad	C/N
Maduro	18,54	34,41	1251,08	>8000	1409,38	100,87	179,54	38,97	21,77
Secundario	16,01	35,64	1681,13	>8000	1655,11	110,52	192,3	37,22	23,05

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 16. Mineralización del nitrógeno inicial y a 7 días en bosque maduro y secundario

Mineralización	kg/ha	
	Maduro	Secundario
Horizonte O fresco (Inicial)	29,18	22,59
Horizonte O mineralizado (7 días)	43,31	33,49

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 17. Medias del proceso de incubación del suelo: inicial y a 7 días en bosque maduro y secundario

HORIZONTE	PROCESO DE INCUBACIÓN DEL HORIZONTE O A LOS 7 DÍAS A 25°C						
	kg/ha					t/ha	
	N	P	K	Ca	Mg	MO	C/N
Horizonte O (Inicial)	25,89	47,38	1676,15	>8000	1648,53	112,56	15,84
Horizonte O (7 días)	38,4	42,76	1358,98	>8000	1501,33	106,45	19,48

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 18. Nutrientes en las hojas de *Cecropia* en bosque maduro y secundario

BOSQUE	NUTRIMENTOS EN LAS HOJAS DE <i>CECROPIA</i>					
	g/kg					cm ² /g
	N	P	K	Ca	Mg	Área Esp.
Maduro	8,49	1,94	18,43	15,8	3,17	86,23
Secundario	8,88	2,04	21,29	21,61	2,48	78,21

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 19. Área total de las hojas de *Cecropia* y medias de acuerdo al lugar de establecimiento y edad del bosque

ÁREA DE LAS HOJAS DE CECROPIA (cm ²)				MEDIAS DEL ÁREA DE LA HOJA DE CECROPIA (cm ²)			
LUGAR	BOSQUE	ÁRBOL	ÁREA	LUGAR	ÁREA	BOSQUE	ÁREA
PASTAZA	MADURO	1	430,35	RIO PALENQUE	522,97	MADURO	455,35
PASTAZA	MADURO	2	439,35	SHUSHUFINDI	460,81	SECUNDARIO	434,50
PASTAZA	MADURO	3	376,38	PASTAZA	351,00		
PASTAZA	SECUNDARIO	1	296,95				
PASTAZA	SECUNDARIO	2	187,23				
PASTAZA	SECUNDARIO	3	375,76				
RIO PALENQUE	MADURO	1	310,76				
RIO PALENQUE	MADURO	2	571,23				
RIO PALENQUE	MADURO	3	410,95				
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	1	408,99				
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	2	490,27				
RIO PALENQUE	SECUNDARIO	3	572,63				
SHUSHUFINDI	MADURO	1	535,06				
SHUSHUFINDI	MADURO	2	546,08				
SHUSHUFINDI	MADURO	3	477,99				
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	1	493,09				
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	2	630,15				
SHUSHUFINDI	SECUNDARIO	3	455,45				

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 20. Nutrientes, carbono acumulado, porcentaje y materia orgánica en el suelo en diferentes lugares del Ecuador con bosque húmedo tropical

LUGAR	NUTRIMENTOS EN EL SUELO DE BOSQUES HUMEDOS TROPICALES DEL ECUADOR								
	kg/ha					t/ha		%	
	N	P	K	Ca	Mg	MO	C acumulado	Humedad	C/N
Pastaza	15,85	38,90	1073,76	>8000	854,40	110,00	191,40	54,33	2,15
Río Palenque	15,50	33,66	1601,53	>8000	1753,33	80,89	158,53	27,38	34,07
Shushufindi	20,55	32,52	1723,03	>8000	1989,01	126,19	207,83	32,57	31,00

Elaboración: Aules, J. (2013)

Anexo 21. Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Pastaza

ESPECIES	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS	DAP (cm)	AREA BASAL (cm²)	DR	DMR	IV
Guatteria sp.	Annonaceae	1	25,78	521,72	0,96	0,29	0,62
Ireartea deltoidea	Arecaceae	6	126,36	12533,98	5,77	6,88	6,32
Wettinia maynensis	Arecaceae	13	190,34	28440,01	12,50	15,61	14,05
Quararibea wittii	Bombacaceae	2	36,28	1033,25	1,92	0,57	1,25
Matisia bracteolosa	Bombacaceae	1	32	803,84	0,96	0,44	0,70
Matisia sp.	Bombacaceae	1	25,78	521,72	0,96	0,29	0,62
Cordia alliodora	Boraginaceae	2	35,65	997,67	1,92	0,55	1,24
Vismia sp.	Clusiaceae	1	14,96	175,68	0,96	0,10	0,53
Chrysoclamys membranacea	Clusiaceae	1	10,5	86,55	0,96	0,05	0,50
Terminalia amazonia	Combretaceae	2	15,27	183,04	1,92	0,10	1,01
Hyeronima oblonga	Euphorbiaceae	2	29,6	687,79	1,92	0,38	1,15
Alchornea sp.	Euphorbiaceae	1	10,18	81,35	0,96	0,04	0,50
Conceveiba sp.	Euphorbiaceae	1	10,5	86,55	0,96	0,05	0,50
Mabea guianensis	Euphorbiaceae	1	12,73	127,21	0,96	0,07	0,52
Banara guianensis	Flacourtiaceae	2	30,23	717,37	1,92	0,39	1,16
Pleurothyrium trianae	Lauraceae	1	23,87	447,27	0,96	0,25	0,60
Ocotea sp.	Lauraceae	2	46,47	1695,18	1,92	0,93	1,43
Gustavia longifolia	Lecytidaceae	1	14,32	160,97	0,96	0,09	0,52
Inga corruscans	Leguminosae	17	347,27	94668,22	16,35	51,95	34,15
Abarema sp.	Leguminosae	2	32,46	827,12	1,92	0,45	1,19
Inga sp.	Leguminosae	1	10,5	86,55	0,96	0,05	0,50
Abarema jupumba	Leguminosae	1	14,32	160,97	0,96	0,09	0,52
Sterculia apetala	Malvaceae	3	49,65	1935,12	2,88	1,06	1,97
Ossaia robusta	Melastomataceae	2	25,14	496,14	1,92	0,27	1,10
Guarea pubescens	Meliaceae	5	78,62	4852,17	4,81	2,66	3,74
Virola elongata	Myristicaceae	3	30	706,50	2,88	0,39	1,64
Virola sp.	Myristicaceae	1	10	78,50	0,96	0,04	0,50
Cybianthus sp.	Myrsinaceae	3	42,65	1427,93	2,88	0,78	1,83
Geissanthus sp.	Myrsinaceae	2	25,77	521,31	1,92	0,29	1,10
Eugenia dittocrepis	Myrtaceae	4	54,74	2352,23	3,85	1,29	2,57
Duroia hirsuta	Rubiaceae	1	10,5	86,55	0,96	0,05	0,50
Coussarea klugii	Rubiaceae	1	14,32	160,97	0,96	0,09	0,52
Posoqueria	Rubiaceae	3	50,28	1984,54	2,88	1,09	1,99
Indet.	Rutaceae	2	23,87	447,27	1,92	0,25	1,08
Pouteria glomerata	Sapotaceae	3	95,47	1449,44	0,96	0,80	0,88
Pourouma guianensis	Urticaceae	3	81,16	5170,75	2,88	2,84	2,86
Cecropia membranacea	Urticaceae	2	83,39	5458,81	1,92	3,00	2,46
Cecropia montana	Urticaceae	1	10,5	86,55	0,96	0,05	0,50
Vochysia braccellinii	Vochysiaceae	3	99,63	7792,02	2,88	4,28	3,58
TOTAL		104	1841,1	182214,5	100	100,00	100,00

DR: Densidad relativa, DM: Dominancia basal, IVI: Índice de importancia

Fuente: Caranqui, J. (2013)

Anexo 22. Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi

ESPECIE	# Individuos	AB (cm ²)	DR	DMR	IV
<i>Aegiphila cuneata</i>	1	97,48	1,25	0,07	0,66
<i>Batocarpus orinoscensis</i>	5	11981,06	6,25	8,51	7,38
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	1	928,33	1,25	0,66	0,95
<i>Cecropia distachya</i>	1	389,87	1,25	0,28	0,76
<i>Clarisia biflora</i>	1	509,11	1,25	0,36	0,81
<i>Cybianthus</i> sp.	2	1146,09	2,5	0,81	1,66
<i>Dendropanax arboreus</i>	7	15970,92	8,75	11,34	10,05
<i>Endlicheria</i>	4	1937,67	5	1,38	3,19
<i>Endlicheria</i> sp2.	1	78,54	1,25	0,06	0,65
<i>Ficus tonduzii</i>	5	2902,39	6,25	2,06	4,16
<i>Guarea kunthiana</i>	1	911,13	1,25	0,65	0,95
<i>Guatteria multivenia</i>	3	523,60	3,75	0,37	2,06
<i>Ireartea deltoidea</i>	1	215,12	1,25	0,15	0,70
<i>Macrolobium limbatum</i>	4	6738,98	5	4,79	4,89
<i>Micropholis guayanans</i>	1	86,59	1,25	0,06	0,66
<i>Myroxylon balsamum</i>	3	5135,21	3,75	3,65	3,70
<i>Otoba parvifolia</i>	6	11732,09	7,5	8,33	7,92
<i>Piptadenia pteroclada</i>	2	764,05	2,5	0,54	1,52
<i>Rollinia pittieri</i>	1	336,21	1,25	0,24	0,74
<i>Ruagea pubescens</i>	5	3542,52	6,25	2,52	4,38
<i>Simarouba</i>	1	389,87	1,25	0,28	0,76
<i>Tabernomontana</i>	1	71,63	1,25	0,05	0,65
<i>Trichilia pleeana</i>	16	57221,74	20	40,64	30,32
<i>Virola elongata</i>	7	17205,73	8,75	12,22	10,48
TOTAL	80	140815,92	100	100,00	100,00

Fuente: Caranqui, J. (2013)

Anexo 23. Transecto 2 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi

ESPECIE	# Individuos	AB (cm ²)	DR	DMR	IV
?	1	97,48	1	0,06	0,53
Alchornea grandis	1	215,18	1	0,14	0,57
Attalea butyracea	3	2813,32	3	1,82	2,41
Batocarpus orinoscensis	5	9089,79	5	5,89	5,44
Brosimum guianense	1	1559,71	1	1,01	1,01
Calycophyllum spruceanum	2	390,22	2	0,25	1,13
Carapa guianensis	1	97,48	1	0,06	0,53
Cecropia membranacea	3	1515,01	3	0,98	1,99
Cedrela odorata	1	91,99	1	0,06	0,53
Clarisia racemosa	3	3087,64	3	2,00	2,50
Crematosperma gracilipes	4	3119,23	4	2,02	3,01
Cydista	1	127,32	1	0,08	0,54
Dacryodes peruviana	6	8458,98	6	5,48	5,74
Dendropanax arboreus	3	1743,08	3	1,13	2,06
Endlicheria	1	31,83	1	0,02	0,51
Euterpe precatoria	1	53,79	1	0,03	0,52
Ficus tonduzii	13	30793,93	13	19,95	16,47
Guarea kunthiana	1	962,89	1	0,62	0,81
Guarea ptorrahchis	10	13051,61	10	8,46	9,23
Mauria heterophylla	1	357,22	1	0,23	0,62
Miconia barbinervis	2	215,12	2	0,14	1,07
Myroxylon balsamum	4	6740,44	4	4,37	4,18
Paullinia alata	1	91,99	1	0,06	0,53
Piptadenia pteroclada	1	108,94	1	0,07	0,54
Pouteria glomerata	1	62,39	1	0,04	0,52
Ruagea pubescens	3	704,98	3	0,46	1,73
Sterculia tessmannii	1	62,39	1	0,04	0,52
Tetragastris panamensis	1	58,01	1	0,04	0,52
Trichilia cipo	10	13575,14	10	8,79	9,40
Trichilia pleeana	14	55088,13	14	35,69	24,84
TOTAL	100	154365,25	100	100,00	100,00

Fuente: Caranqui, J. (2013)

Anexo 24. Transecto 3 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Shushufindi

ESPECIE	# Individuos	AB (cm ²)	DR	DMR	IV
?2	1	108,94	2,13	0,24	1,18
<i>Annona muricata</i>	2	401,15	4,26	0,87	2,56
<i>Bauhinia tarapotensis</i>	1	140,37	2,13	0,30	1,22
<i>Cecropia membranacea</i>	1	315,84	2,13	0,68	1,41
<i>Cedrela odorata</i>	3	1537,17	6,38	3,32	4,85
<i>Ceiba pentandra</i>	4	12441,32	8,51	26,89	17,70
<i>Cordia alliodorora</i>	5	3817,73	10,64	8,25	9,45
<i>Coussarea amplifolia</i>	1	1887,25	2,13	4,08	3,10
<i>Croton lechleri</i>	2	1719,48	4,26	3,72	3,99
<i>Erythrina amazonica</i>	1	616,25	2,13	1,33	1,73
<i>Ficus insipida</i>	1	168,39	2,13	0,36	1,25
<i>Grias neuberthii</i>	1	86,66	2,13	0,19	1,16
<i>Guarea kunthiana</i>	1	71,62	2,13	0,15	1,14
<i>Inga edulis</i>	5	10836,05	10,64	23,42	17,03
<i>Inga sp2.</i>	1	911,08	2,13	1,97	2,05
<i>Lepidaploa canescens</i>	2	357,33	4,26	0,77	2,51
<i>Miconia</i>	3	2933,98	6,38	6,34	6,36
<i>Myriocarpa longipes</i>	2	779,81	4,26	1,69	2,97
<i>Myroxylon balsamum</i>	2	1696,04	4,26	3,67	3,96
<i>Pithecelobium jupumba</i>	3	4209,51	6,38	9,10	7,74
<i>Psidium guajava</i>	2	320,16	4,26	0,69	2,47
<i>Urera caracasana</i>	1	78,54	2,13	0,17	1,15
<i>Vismia baccifera</i>	2	828,05	4,26	1,79	3,02
TOTAL	47	46262,72	100,00	100,00	100,00

Fuente: Caranqui, J. (2013)

Anexo 25. Transecto 1 de las especies arbóreas del bosque húmedo tropical de Río Palenque

Especies	T1	T2	T3	T4	T5	TOTAL
<i>Castilla elástica</i> Sessé	0	0	4	9	0	13
<i>Ficus tonduzii</i> Standl.	4	2	2	2	0	10
<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	0	2	0	0	7	9
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	1	4	4	0	0	9
<i>Cecropia</i> sp2	0	0	0	0	9	9
<i>Crepidosperma</i> sp.	0	0	0	0	7	7
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	0	1	0	3	3	7
<i>Pouteria</i> sp.	2	5	0	0	0	7
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	0	0	0	7	0	7
<i>Acalypha</i> sp.	0	0	0	0	6	6
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	0	1	2	3	0	6
<i>Cecropia</i> sp.	3	3	0	0	0	6
<i>Inga</i> sp.	1	2	1	1	0	5
Indeterminada	0	0	0	5	0	5
<i>Clarisia</i> sp.	5	0	0	0	0	5
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	1	0	0	0	3	4
<i>Ficus macbridei</i> Standl	0	0	4	0	0	4
<i>Otoba gracilipes</i> (A.C.Sm.) A.H.Gentry	0	0	4	0	0	4
<i>Pouteria</i> sp2	0	0	0	0	4	4
<i>Pouteria</i> sp2	0	0	0	0	4	4
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	0	0	4	0	0	4
<i>Trema integerrima</i> (Beurl.) Standl.	0	0	0	4	0	4
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	0	0	0	0	3	3
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	1	0	0	2	0	3
<i>Caparis ecuadorica</i> H.H.Iltis	1	1	0	1	0	3
<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.	1	0	2	0	0	3
<i>Caryodaphnopsis theobromifolia</i> (A.H. Gentry) van der Werff & H.G.Richt.	1	2	0	0	0	3
<i>Alchornea leptogyna</i> Diels	0	1	2	0	0	3
<i>Inga</i> sp2	0	0	0	0	3	3
<i>Matisia grandifolia</i> Little	0	0	1	2	0	3
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	3	0	0	0	0	3
<i>Ficus</i> sp.	2	0	1	0	0	3
<i>Tabernaemontana amigdalifolia</i> Jacq.	0	1	0	1	0	2
<i>Anthurium</i> sp.	0	0	0	0	2	2
<i>Dendropanax umbellatus</i> (Ruiz & Pav.)Decne & Planch.	1	1	0	0	0	2
<i>Synechanthus warscewiczianus</i> H.Wendl.	1	0	0	0	2	2
<i>Bactrys coloniata</i> L.H.Bailey	0	2	0	0	0	2
<i>Wettinia</i> sp	0	2	0	0	0	2
<i>Carica pubescens</i> Lenné & C.Koch	0	2	0	0	0	2
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> (Pierre) T.D.Penn	1	1	0	0	0	2
<i>Cyathea carecasana</i> (Klotzsch) Domin	2	0	0	0	0	2
<i>Bauhinia</i> sp.	0	0	0	0	2	2
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.)Urb.	0	1	0	1	0	2
<i>Miconia barbinervis</i> (Benth.) Triana	0	2	0	0	0	2
<i>Guarea</i> sp.	0	0	0	2	0	2
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	0	1	0	0	1	2
<i>Otoba novagranetensis</i> Moldenke	2	0	0	0	0	2
<i>Piper</i> sp	0	2	0	0	0	2
<i>Piper</i> sp2	0	0	0	0	2	2
<i>Zyzyphus</i> sp.	2	0	0	0	0	2
<i>Pentagonia macrophylla</i> Benth.	1	1	0	0	0	2
<i>Lycianthes inaequilatera</i> (Rusby) Bitter	1	0	1	0	0	2

*El resto de especies con 1 individuo

Fuente: Caranqui, J. (2013)